

УДК 004:[53:373]

Мерзликін Олександр Володимирович

аспірант

Інститут інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України, м. Київ, Україна

avm@ccjournals.eu

Мерзликін Павло Володимирович

доцент, кандидат фізико-математичних наук, завідувач кафедри інформатики та прикладної математики

Державний вищий навчальний заклад «Криворізький національний університет», м. Кривий Ріг, Україна

linuxoid@i.ua

ЗАСОБИ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПІДТРИМКИ НАВЧАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ У ПРОФІЛЬНОМУ НАВЧАННІ ФІЗИКИ

Анотація. У статті наведено результати комплексного аналізу досвіду використання засобів ІКТ підтримки наукових і навчальних фізичних досліджень у профільному навчанні фізики. Виокремлено класи засобів ІКТ підтримки навчальних фізичних досліджень, віртуалізація яких створює умови для їх використання за однією з моделей надання хмарних послуг. Для кожного з виокремлених класів наведено найбільш поширені програмні засоби ІКТ і приклади їх використання у фізичних дослідженнях. Показано перспективи подальших досліджень проблеми використання хмарних технологій як засобу формування дослідницьких компетентностей старшокласників у процесі профільного навчання фізики.

Ключові слова: віртуальні лабораторії; віртуальні тренажери; електронні органайзери; засоби контент-аналізу; лабораторні журнали; медіа-редактори; мови програмування та бібліотеки; моделювання фізичних процесів; управління проектами; редактори презентацій; системи комп'ютерної математики; статистичні пакети; табличні процесори; текстові процесори.

1. ВСТУП

Постановка проблеми. Одним із напрямів розв'язання проблеми розвитку дослідницьких компетентностей старшокласників у профільному навчанні фізики є інформаційно-технологічне забезпечення навчальних фізичних досліджень, зокрема, на основі застосування хмарних інформаційно-комунікаційних технологій навчання. Добір відповідних засобів ІКТ може бути проведений відповідно до теоретично обґрунтованої [29; 30; 33; 34; 35] і спроектованої [26; 27; 28; 32] у попередніх роботах системи дослідницьких компетентностей старшокласників у профільному навчанні фізики. Виходячи з того, що навчальне дослідження є певною мірою спрощеною моделлю наукового дослідження [24], вимоги до засобів ІКТ підтримки навчальних фізичних досліджень мають відповідати вимогам до засобів ІКТ підтримки наукових фізичних досліджень. Тому основним **методом дослідження** є комплексний аналіз досвіду використання ІКТ підтримки наукових і навчальних фізичних досліджень, а **метою статті** – виокремлення класів програмних засобів ІКТ підтримки навчальних фізичних досліджень, віртуалізація яких дозволить отримати доступ до них за однією з моделей надання хмарних послуг (насамперед – SaaS).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Інформаційно-комп'ютерне забезпечення експерименту – провідного методу дослідження у природничих науках – не просто вдосконалювалось з розвитком засобів ІКТ, а й часто ставало рушійною силою розвитку самих ІКТ: виникненню паралельних і розподілених обчислень, гіпертекстових і мультимедійних систем ми зобов'язані насамперед потребам

забезпечення наукових досліджень з фізики. Д. Р. Хаманн (Donald Robert Hamann) зазначає, що в експериментальній фізиці ІКТ часто відіграють одну з найважливіших ролей: «... ЕОМ пронизує весь експеримент: проектування установки, управління експериментом, збирання та опрацювання даних» [40, с. 248], тому доцільність застосування ІКТ для комплексної підтримки фізичних досліджень вже понад 30 років не викликає дискусій.

О. М. Желюк [23] розглядає доцільність використання ІКТ для реалізації шкільних навчальних досліджень з фізики в контексті удосконалення шкільного фізичного експерименту. Наприкінці минулого століття автором було розроблено низку апаратно-програмних комплексів і доведено ефективність їх використання порівняно з традиційними лабораторними установками. Таке використання ІКТ на уроках фізики потребує переобладнання фізичного кабінету. Ця проблема була розглянута, зокрема З. Б. Саліховим, який запропонував базовий навчальний комплекс технічних засобів і методику його використання [36].

Р. М. Абдуловим показано ефективність використання інтерактивних засобів навчання у навчальному фізичному експерименті [20, с. 14]. До переваг застосування таких засобів автор відносить активізацію розумової діяльності учнів, підвищення мотивації учнів до навчально-пізнавальної діяльності (зокрема, вчитель отримує можливість варіювати форми навчальної взаємодії з учнями) та активізацію уваги учнів у зв'язку з різноманітними способами подання навчальних відомостей (включення в навчальний процес комп'ютерних презентацій, віртуальних фізичних дослідів і моделей, віртуальних лабораторних робіт, інтерактивних плакатів, відеодослідів, анімації та ін. забезпечують полісенсорне сприйняття навчального матеріалу учнями) [20, с. 9].

В. І. Сельдяєв [37] обґрунтував можливості і визначив ефективні шляхи застосування комп'ютерів для залучення учнів до методів наукового дослідження під час виконання лабораторних робіт на уроках фізики. Автор пропонує систему лабораторних робіт, у яких застосування комп'ютерів для дослідження фізичних процесів є необхідним; розробляє прийоми використання ІКТ у дослідницьких лабораторних роботах, що реалізують різні можливості використання ІКТ (обчислювальні; вимірювальні; керуючі; графічні тощо). В. І. Сельдяєвим показано, що:

- 1) ІКТ на заняттях з фізики мають слугувати необхідним інструментом для моделювання різних процесів і явищ, виступаючи новим навчальним засобом, що істотно підвищує ефективність проведення дослідницьких лабораторних робіт з фізики;
- 2) показником ефективності використання ІКТ у навчальних фізичних дослідженнях є інтелектуальний розвиток учнів, що виражається, перш за все, в умінні висувати гіпотези і розв'язувати фізичні проблеми в нових для учнів ситуаціях;
- 3) у разі використання ІКТ на уроках фізики мають бути враховані індивідуальні можливості учнів, їх пізнавальні інтереси та рівень знань з інформатики.

Дослідником наведена докладна класифікація можливостей використання комп'ютера в лабораторному дослідницькому експерименті, у якому отримання результатів без нього або неможливе, або значно ускладнене (дослідження кінематичних характеристик руху тіла під дією сили тяжіння, форми орбіт руху супутника, умов виникнення іскрового розряду та ін.), і визначено основні способи використання ІКТ у навчальних дослідженнях: а) використання обчислювального експерименту в лабораторній роботі в поєднанні з натурним експериментом; б) використання тільки обчислювального експерименту; в) використання засобів ІКТ у складі комплексу вимірювального обладнання.

2. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Говорячи про використання ІКТ в фізичних дослідженнях, Д. Р. Хаманн зазначає, що найтрадиційнішими способами їх використання є автоматизація обчислень і моделювання фізичних процесів («чисельний аналіз» чи «імітація» [40, с. 240]).

Р. Ф. Фейнман (Richard Phillips Feynman) у своєму курсі лекцій для визначення орбіт руху планет пропонував генералізувати «покрокові» розрахунки у вигляді таблиці [39, с. 170-171]. Для спрощення рутинних математичних розрахунків він пропонує користуватися таблицями квадратів, кубів та обернених величин. Наразі Р. Ф. Фейнман наголошує, що навіть у цьому випадку виконання таких розрахунків вручну потребують багато часу, тому доречним для розв'язування таких задач є використання комп'ютера як засобу автоматизації обчислень [39, с. 173].

Ч. В. Мізнер (Charles William Misner) розглядає можливості застосування під час виконання фізичних досліджень *електронних таблиць* (табличних процесорів, табличних редакторів) – класу ПЗ, які використовуються для опрацювання даних, що подані у вигляді двовимірного масиву. Табличні процесори надають можливість автоматизувати виконання значної кількості математичних і логічних дій; надають можливість знаходити числові розв'язки рівнянь, виявляти зв'язок між рядами даних, здійснювати статичне опрацювання даних, подавати дані у вигляді діаграм і графіків. Найпоширенішими сучасними табличними процесорами є Microsoft Excel, LibreOffice Calc, KSpread, Kingsoft Spreadsheets, Google Sheets, Gnumeric.

Головною перевагою електронних таблиць Ч. В. Мізнер називає можливість комбінувати текстові й числові дані, що обумовлює зручність за багаторазового виконання схожих «рутинних» дій (як то складання звітів) [14, с. 396]. Також дослідник зазначає, що низка задач фізики, що можуть бути розв'язані з використанням електронних таблиць, є значно ширшим (також часто ці задачі є складнішими), ніж задачі, для розв'язання яких і створювався даний клас ПЗ. Перш за все електронні таблиці у фізиці використовуються для виконання розрахунків і побудови допоміжних графіків і діаграм. Ще у 1988 році Ч. В. Мізнер виокремив головні особливості, що роблять доцільним застосування електронних таблиць для розрахунків у фізиці: «гарне співвідношення часу на розробку до часу на виконання розрахунків і потреба в невеликій кількості даних» [14, с. 395].

У профільному навчанні фізики доцільно використовувати електронні таблиці в дослідженнях, що вимагають опрацювання однорідних масивів даних і їх узагальнення у вигляді графіків. Такими дослідженнями, зокрема, є дослідження процесу розряджання конденсатора і визначення його ємності, визначення температурного коефіцієнта опору металів, дослідження корисної потужності і ККД джерела струму, дослідження залежності опору напівпровідників від температур, дослідження вольтамперних характеристик напівпровідникового діода (рис. 1). Доцільним є також застосування електронних таблиць для опрацювання результатів проведення серії однакових дослідів, що актуально для більшості шкільних лабораторних робіт.

Д. Р. Хаманн говорить про значний потенціал проблемно-орієнтованих мов програмування, зокрема MACSYMA й ALTRAN. Нині для цього класу ПЗ загальноприйнятою є інша назва: *системи комп'ютерної математики* (СКМ) – це клас ПЗ, основним призначенням якого є виконання математичних операцій і перетворень алгебраїчних виразів, заданих у символьній формі. Також більшість сучасних СКМ надають можливість чисельного розв'язування задач, роботи з матрицями, статистичного опрацювання масивів даних. Значна кількість сучасних СКМ також підтримують можливість подання даних у графічному вигляді. Найпоширенішими сучасними системами комп'ютерної математики є MATLAB, Maple, Mathematica, Mathcad, Scilab, Maxima, Sage, Yacas.

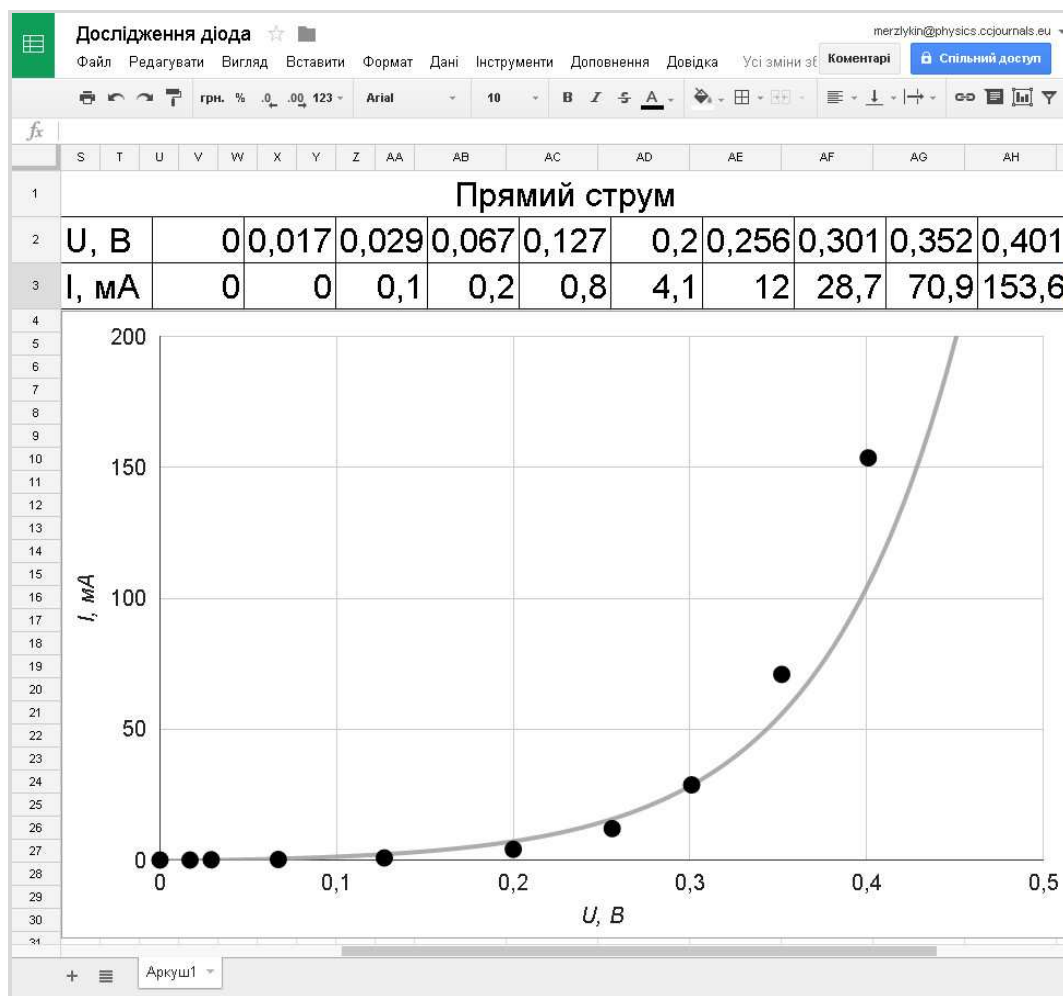


Рис. 1. Приклад використання електронних таблиць Google у лабораторній роботі «Дослідження напівпровідникового діода»

У шкільному навчальному дослідженні системи комп'ютерної математики можуть бути застосовані для розв'язання тих же проблем, що й електронні таблиці. Але найефективнішим буде їх застосування для досліджень, виконання яких потребує роботи зі значною кількістю математичних абстракцій (зокрема, векторів), наприклад, для дослідження рівноваги тіла під дією кількох сил за методикою І. Л. Семещука (рис. 2), визначення центра мас плоских фігур.

Статистичні пакети – це клас ПЗ, призначенням якого є статистичне опрацювання даних. Деякі зі статистичних операцій підтримуються також табличними процесорами й системами комп'ютерної математики. Спектр задач, які можуть бути розв'язані з використанням статистичних пакетів, є більш вузьким, ніж у табличних процесорів і СКМ, але для виконання статистичного опрацювання даних використання статистичних пакетів, зазвичай, є зручнішим і природнішим. Також статистичні функціональні можливості спеціалізованих пакетів, зазвичай, є значно ширшими, ніж статистичні функціональні можливості табличних процесорів і систем комп'ютерної математики. Тому для «поглибленого» статистичного аналізу даних краще використовувати саме статистичні пакети. Поширеними статистичними пакетами є, зокрема, Stata, STATISTICA, Minitab, JMP, STADIA, GenStat, Analyse-it, PASW Statistics.

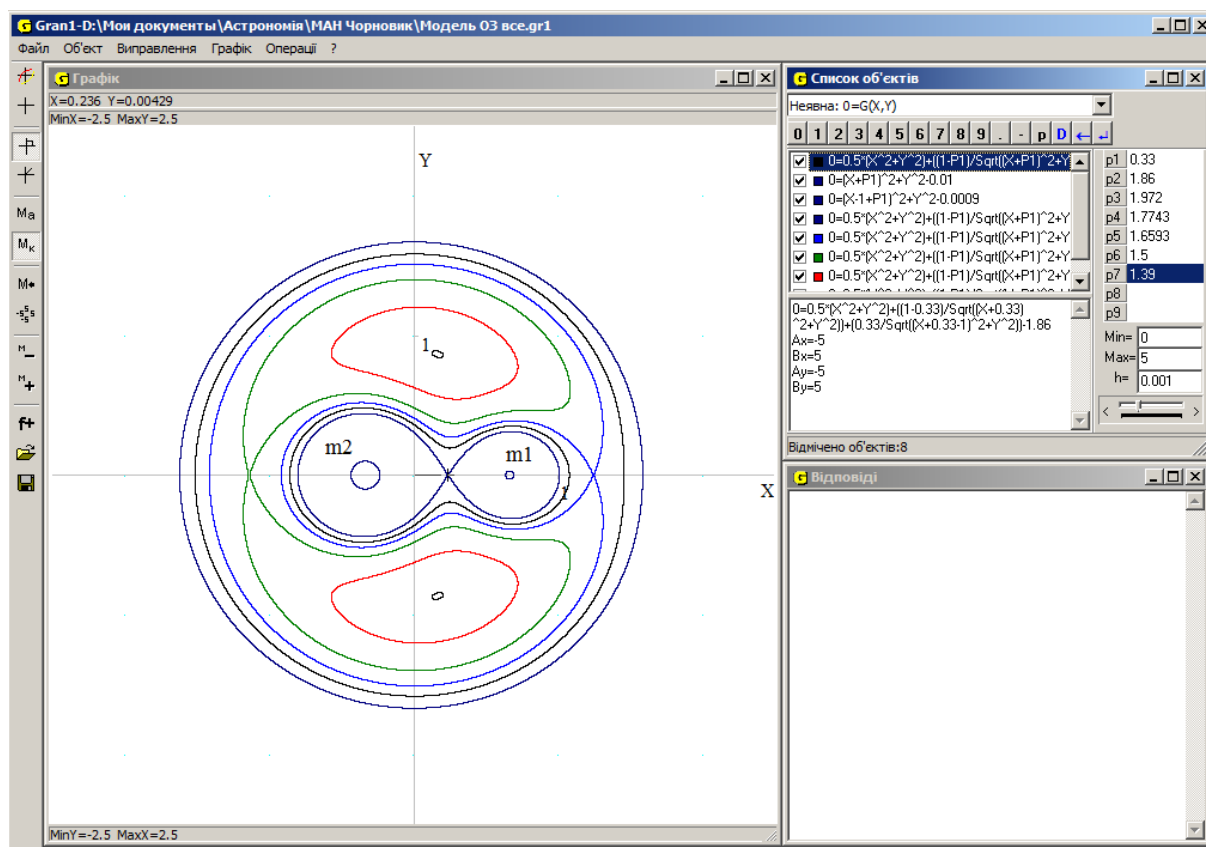


Рис. 2. Приклад використання СКМ GRAN1 для побудови точок лібрації в процесі дослідження особливостей руху небесних тіл в обмеженій задачі трьох тіл

У 1988 році Дж. Д. Кімелом (J. Daniel Kimel) було розроблено статистичний пакет – комплекс програмного забезпечення для статистичного опрацювання і візуалізації експериментальних даних у фізичній лабораторії, оснащений мобільними робочими станціями для парної роботи студентів [12, с. 252]. Застосування цього програмного забезпечення у процесі фізичного дослідження надає можливість «миттєвого» обчислення і візуалізації статистичних характеристик експериментальних даних, що подаються таблично, надаючи можливість встановлення залежностей за методом найменших квадратів, перевірку гіпотез і формулювання статистично обґрунтованих висновків.

Статистичні пакети у шкільних фізичних дослідженнях можуть бути використані, зокрема, для обчислення похибок і визначення промахів, що актуально для багатьох досліджень, і для визначення аналітичних залежностей для групи експериментальних даних (чи то порівняння масивів експериментальних і теоретичних даних) з метою перевірки статистичних гіпотез (рис. 3).

Говорячи про фізичні дослідження, Д. Р. Хаманн окремо розглядає сучасні йому (Fortran, C, ALGOL, Pascal) та перспективні мови програмування і бібліотеки [40, с. 248–251], під якими надалі розумітимемо як власне мови програмування (символьні системи для запису алгоритмів), так і їх транслятори (компілятори чи інтерпретатори). Транслятор мови програмування разом із текстовим редактором, налагоджувачем, засобами вимірювання часу виконання частин програм (профілювання), управління файлами й об'єктами, набором спеціалізованих бібліотек для даної мови програмування тощо можуть бути об'єднані в інтегроване середовище програмування.

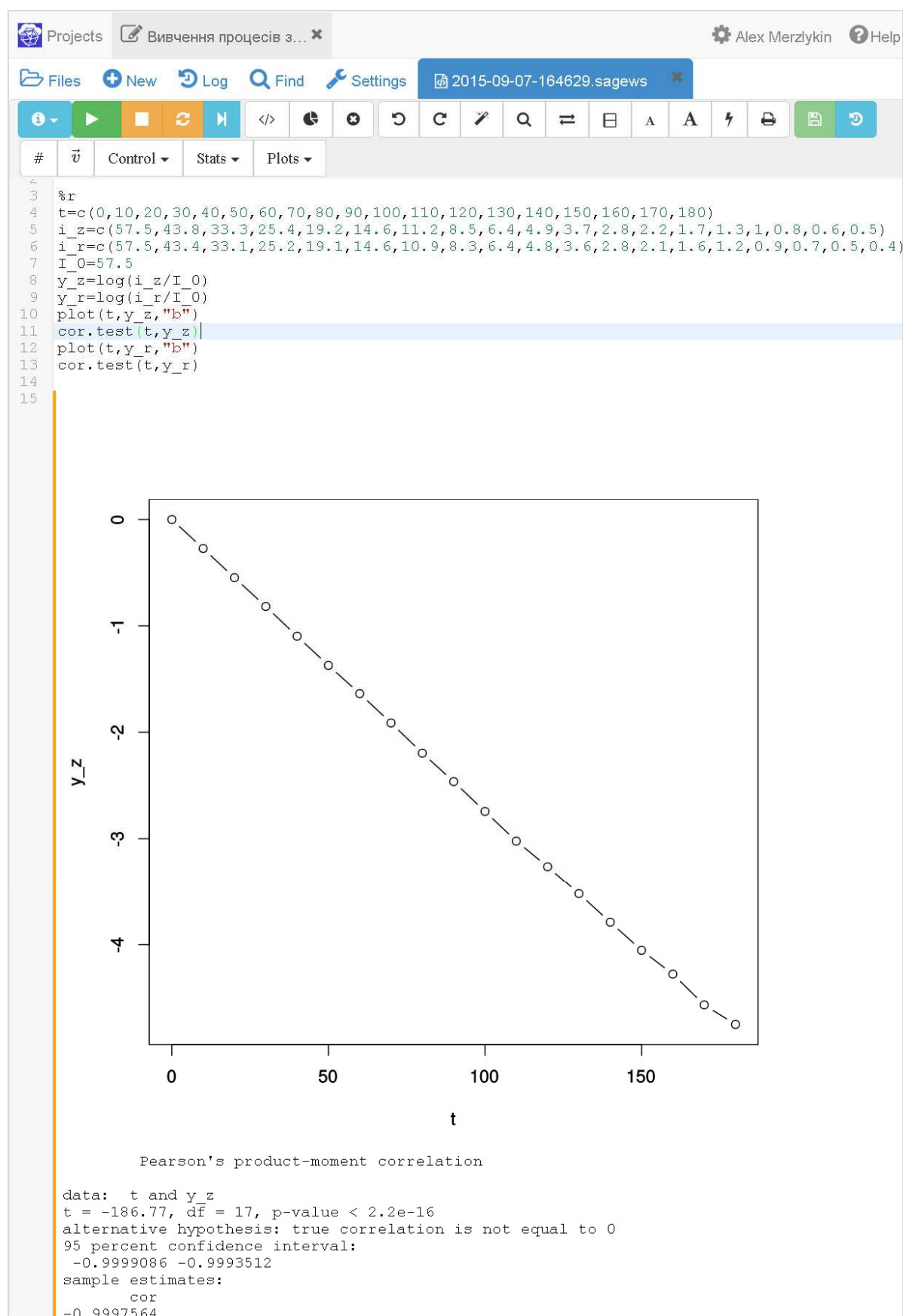


Рис. 3. Приклад використання статистичного пакета R у SageMathCloud для встановлення відповідності між процесами зарядки і розрядки конденсатора

У наведеному визначенні мови програмування і бібліотеки виступають як засіб реалізації будь-якого алгоритму у вигляді комп'ютерної програми. Способи подання даних, що так опрацьовані, може бути найрізноманітнішими (текстовим, графічним, відео, аудіо, мультимедія, у вигляді бази даних тощо). Тому мови програмування можна вважати універсальним засобом для використання на всіх стадіях проведення фізичного дослідження. За даними бібліотеки програм журналу Computer Physics Communications [10], у 2015 році найпоширенішими мовами програмування загального призначення серед фізиків є C-подібні мови (C, C++, C#) – використовуються у понад 40 % програм, Fortran – близько 25 %, Python – близько 10 %. Попри це, у 15 % використовуються мови систем комп'ютерної математики (Matlab, Mathematica, Maple та SciLab), більш ніж у 5 % – мови сценаріїв (Tcl, Bash, Perl). Доля всіх інших мов програмування у 2015 році складає менш ніж 5 %.

Зазначимо, що, оскільки застосування мов програмування і бібліотек у фізичних навчальних дослідженнях вимагає від учнів не лише компетентностей з проведення фізичних досліджень, а й компетентностей з програмування, використання цього класу ПЗ на уроках фізики навряд чи можна вважати виправданим. Проте, мови програмування і бібліотеки можуть стати потужним інструментом формування й розвитку дослідницьких компетентностей учнів з фізики у позашкільній навчальній діяльності (спеціалізовані гуртки, виконання міжпредметних науково-дослідницьких робіт у рамках Малої академії наук України тощо).

На рис. 4 показано інтерфейс користувача комп'ютерної програми для демонстрації закону Фарадея у хмаро орієнтованому середовищі GlowScript, створеної за допомогою мови програмування Python з використанням бібліотеки Visual.

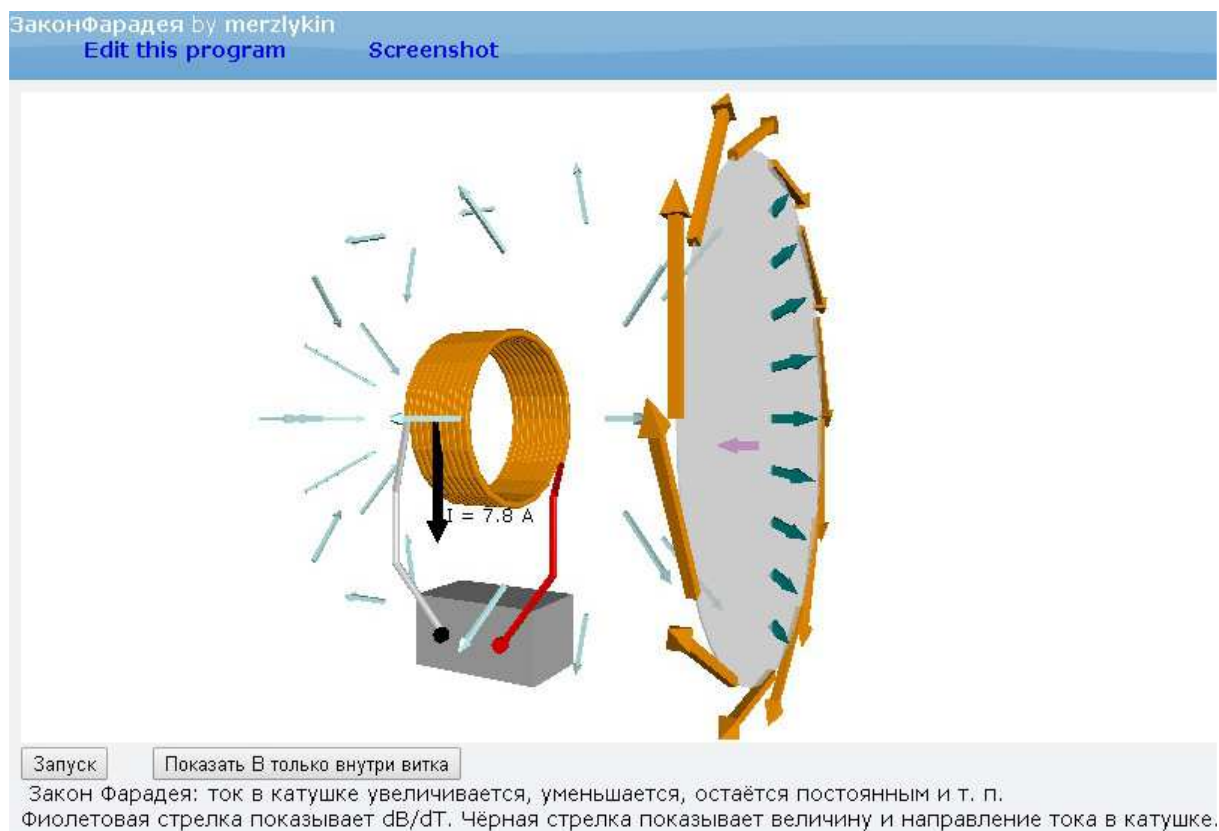


Рис. 4. Інтерфейс користувача комп'ютерної програми у VPython для демонстрації закону Фарадея

Віртуальні лабораторії – досить вузький клас програмного забезпечення, який призначений для імітації процесу проведення натурального дослідження. Робота у віртуальній лабораторії передбачає роботу з віртуалізованими об'єктами реальної фізичної лабораторії. Віртуальні лабораторії можуть передбачати створення користувачем власних дослідів або проведення досліджень, заздалегідь розроблених авторами віртуальної лабораторії чи вчителем. Метою роботи учнів у віртуальній лабораторії є проведення дослідів з використанням відповідного набору віртуалізованих приладів і виконанням необхідних вимірювань.

Віртуальна лабораторія, розроблена Г. Бозеном (Gregory Bothun), Ш. Расселом (Sean Russell) та Е. Халс (Amy Hulse), є частиною пакета фізичних освітніх ресурсів Орегонського університету і є набором Java-апплетів, доступним на сайті університету. Дослідження у віртуальній лабораторії, за словами авторів, призначені для надання студентам доступу до даних, що симулюють реальний фізичний експеримент. За словами Г. Бозена, попередньо планувалось використовувати віртуальну лабораторію для студентів неприродничих спеціальностей, для яких курс фізики не передбачає лабораторних робіт. Та згодом виявилось, що розроблені Java-апплети завантажувались тисячі разів на місяць і стали популярними на уроках фізики в старшій школі. Кожне дослідження у віртуальній лабораторії складається з двох частин: в одній студенти (учні) працюють з комп'ютерними моделями обладнання, а інша відображає план уроку. Віртуальна лабораторія включає як дослідження, що можуть бути проведені в умовах фізичної лабораторії (рис. 5), так і ті, що не можуть. Для більшості обладнання передбачено можливість некоректного його застосування: у цьому випадку обладнання «віртуально» дасть збій, а користувача буде повідомлено про це відповідним звуковим повідомленням [3]. Це надає можливість вважати частину описаної віртуальної лабораторії *віртуальним тренажером* з використання фізичного обладнання.

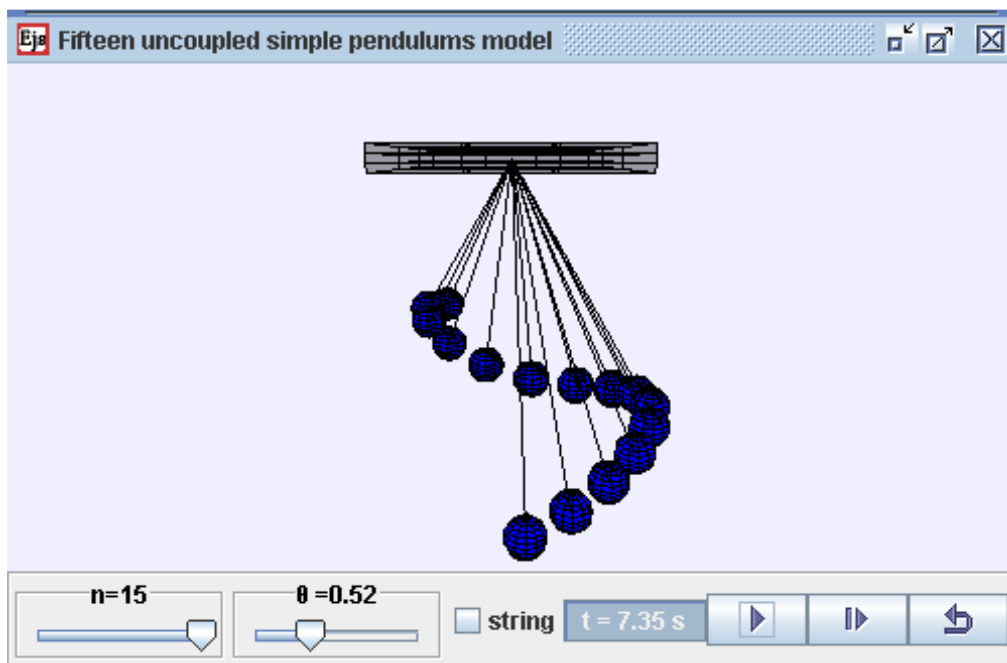


Рис. 5. Хвильовий маятник, змодельований засобами Easy Java Simulations (EJS) проекту Open Source Physics

Віртуальні тренажери – це клас ПЗ, близький до віртуальних лабораторій. Головна відмінність між цими двома класами ПЗ полягає в їх меті. Робота з віртуальними тренажерами передбачає перш за все роботу з віртуалізованими

приладами як такими, а не зі «схемою» досліду в цілому. Віртуальні тренажери можуть бути використані для наочного ознайомлення учнів з приладами (їх зовнішнім виглядом, правилами налаштування і застосування, способами зняття показів тощо), необхідними для виконання дослідження. Часто роль віртуальної лабораторії і віртуального тренажера виконує один й той самий програмний засіб. Отже, віртуальні тренажери моделюють обладнання фізичного експерименту, а віртуальні лабораторії моделюють реальне фізичне дослідження.

Віртуальні тренажери в шкільному навчальному дослідженні доцільно використовувати на підготовчому етапі дослідження, щоб надати учням можливість вдома ознайомитися з обладнанням, що буде використовуватись у проведенні дослідження (рис. 6). Особливо це актуально в тих випадках, коли учні мають ознайомитися з новими для себе приладами.

7 - ЩІТКИ ДЛЯ ЗЙОМУ ЗАРЯДІВ.

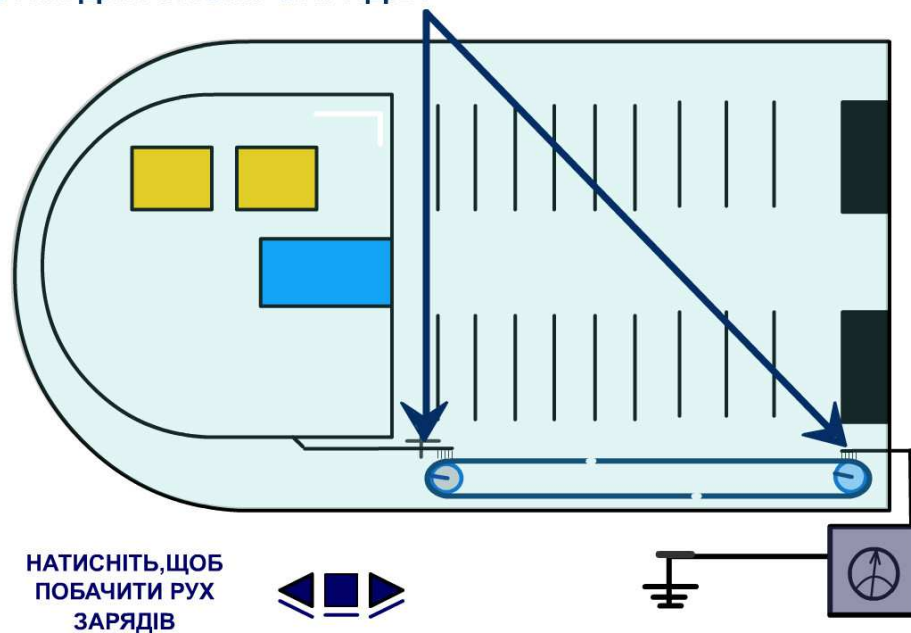


Рис. 6. Ознайомлення з електростатичним прискорювачем іонів на сайті Інституту високих технологій Київського національного університету імені Тараса Шевченка

Використання комп'ютерного моделювання здатне розширити зміст шкільних навчальних досліджень. Це твердження впливає хоча б з того факту, що будь-яке фізичне явище може бути змодельовано за допомогою комп'ютера. Д. Р. Хаманн зазначає, що для більшості успішних застосувань чисельного моделювання характерними є три елементи – «аналітичне спрощення, що базується на відомій фізичній теорії, гарний алгоритм та вдале графічне подання результатів» [40, с. 247]. У статті [17] представлено низку моделей, використання яких у навчальному процесі, на думку авторів, є більш ефективним, ніж реальна демонстрація фізичних явищ.

ПЗ моделювання фізичних процесів – це клас ПЗ, на перший погляд, подібний до віртуальних лабораторій. Під час використання віртуальних лабораторій учні оперують готовими моделями фізичних явищ, у той час як під час використання ПЗ моделювання фізичних процесів учні мають побудувати ці моделі, що вимагає більш високого рівня абстракції (робота з цим класом ПЗ, зазвичай, є менш наочною), ґрунтовнішого розуміння природи фізичних процесів і навичок математичного моделювання. Розробка комп'ютерних моделей за допомогою даного класу ПЗ може потребувати значних витрат часу, тому доцільно організовувати таку діяльність у рамках навчального

дослідницького проекту. Утім, повна віртуалізація лабораторної роботи за допомогою ПЗ моделювання фізичних процесів виходить за межі профільного навчання фізики.

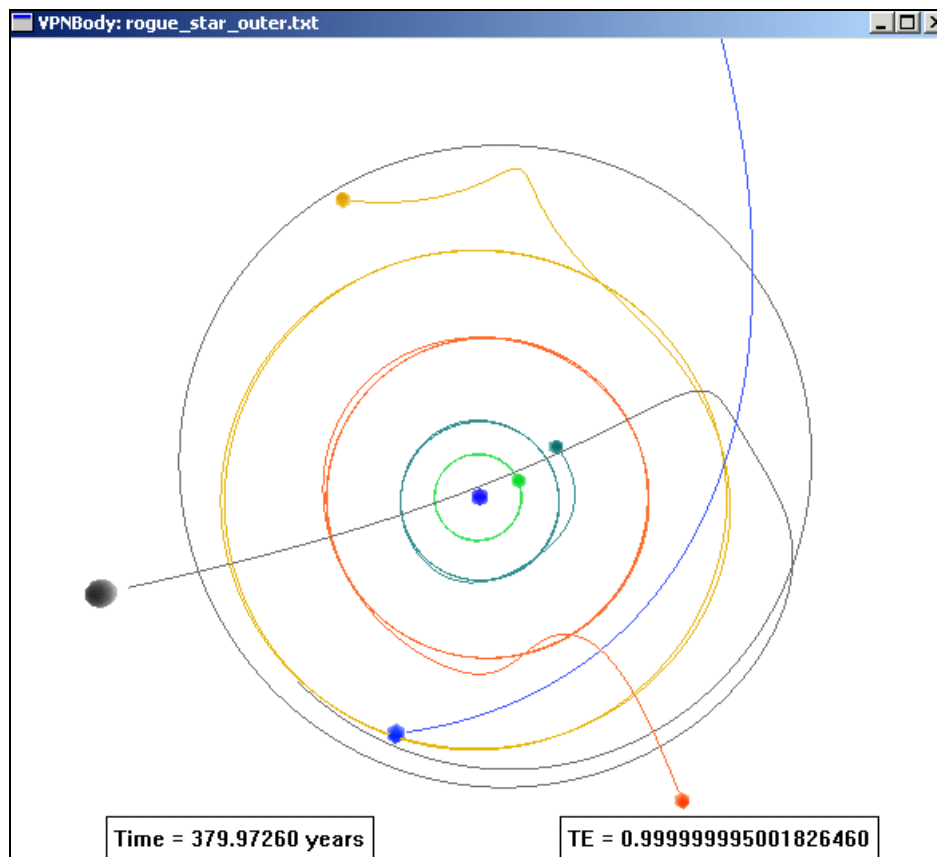
Способи опису моделей у ПЗ моделювання фізичних процесів можуть суттєво різнитися: від текстового опису за допомогою команд ПЗ (рис. 7) з подальшим виконанням у пакетному режимі до їх безпосереднього виконання через графічний інтерфейс.

```
TIME_STEP 90 DAYS # крок моделювання
MAX_TIME 600 YEARS # повний час моделювання
METHOD Candy_Rozmus_Opt # метод інтегрування

OBJECT_DATA # опис об'єкту "блукаюча зірка"
  Name Rogue_Star
  Free
  MASS 1.50 SOLAR_MASSES
  COLOR 1 0.85 0
  Orbit_color 1 0.85 0.0
  POSITION -125 200 0 AU
  VELOCITY 0.325 0.0 0 AU/Yr
END_OBJECT_DATA

# опис інших об'єктів Сонячної системи (Сонця, планет)
```

a)



б)

Рис. 7. Фрагмент опису комп'ютерної моделі процесу вторгнення в Сонячну систему блукаючої зірки масою в 1,5 маси Сонця у ПЗ моделювання сонячно-подібних систем VPNBody (а) і результати моделювання (б)

М. П. Хенчинські (Marek Pawel Checinski) пропонує використовувати такі ПЗ в парі: FireFly (PC-Games) для розрахунку властивостей молекулярних структур і MacMolPlt для візуалізації результатів цих розрахунків [9]. Автор розглядає основні можливості обох засобів і надає деякі поради з їх використання. Ф. Ескембре (Francisco Esquembre) зазначає, що засоби комп'ютерного моделювання мають всі навчальні переваги моделювання й, на додачу, допомагають студентам (учням) прояснити свої поняття і донести своє бачення до інших. Наразі автор також зазначає, що рівень абстракції самих засобів моделювання може дуже відрізнятись: від «чистого програмування» до побудови з високорівневих блоків. Вибір засобів моделювання визначається поставленою задачею. Так Ф. Ескембре рекомендує використовувати Modellus для простих моделей і Easy Java Simulations для більш складних задач [11, с. 17].

Тому ПЗ моделювання фізичних процесів по відношенню до віртуальних лабораторій є не більш широким, а іншим класом ПЗ, який має свої специфічні завдання, мету та способи використання. Одним з можливих підходів до розмежування цих суміжних класів ПЗ є класифікація, наведена у табл. 1.

Таблиця 1

Класифікація суміжних ПЗ за критеріями керованості програмним кодом і даними

Клас ПЗ	Управління програмним кодом	Управління програмними даними
Мови програмування та бібліотеками	Код створюється користувачем з використанням бібліотечних об'єктів; алгоритми програмуються або обираються з бібліотечних	Структури даних визначаються користувачем при створенні коду або автором бібліотечного алгоритму при його використанні; дані вводяться користувачем
ПЗ моделювання фізичних процесів	Код може створюватися користувачем відповідно запропонованого автором ПЗ інтерфейсу або можуть використовуватись готові програмні модулі	Структури даних визначені автором ПЗ; дані вводяться користувачем
Віртуальні лабораторії	Код створений автором ПЗ	Структури даних визначені автором ПЗ; дані вводяться користувачем
Віртуальні тренажери	Код створений автором ПЗ	Структури даних і самі дані визначені автором ПЗ

Такі класи ПЗ як віртуальні лабораторії, ПЗ моделювання фізичних процесів і мови програмування і бібліотеки в шкільному дослідженні можуть бути використані для моделювання явищ, які неможливо дослідити в шкільній лабораторії (наприклад, для моделювання радіоактивного розпаду чи для демонстрації положень релятивістської механіки). Також віртуальні лабораторії у шкільній практиці, зазвичай, використовують у тих випадках, коли з учнями неможливо провести дослід у реальній лабораторії. Зокрема, це зручно за дистанційної форми навчання. Наразі корисним може бути порівняння результатів дослідження, отриманих у натурному дослідженні, з результатами, отриманими з використанням віртуальної лабораторії. Не менш корисним буде й порівняння результатів досліджень з використанням різних моделей одного явища. Такі порівняння, зокрема, допомагають учням осмислити межі застосування фізичних законів, усвідомити принцип відповідності й можливість

існування декількох адекватних математичних інтерпретацій одного явища.

Г. Буч (Grady Booch) на прикладі реалізації циклу програмної інженерії для розробки віртуальної лабораторії з геометричної оптики наголошує на необхідності побудови такого інструментального ПЗ, за допомогою якого користувач міг би вільно маніпулювати оптичними експериментами, яке не вимагало би від користувача жорсткого слідування певному порядку дій, визначеному даним ПЗ (що характерно для модальних, пакетно орієнтованих прикладних програм). Натомість Г. Буч пропонує використовувати об'єктно орієнтований підхід до проектування ПЗ, який передбачає *побудову діаграм зв'язків, станів, класів, об'єктів тощо* [21, с. 258]. Концептуальні принципи проектування об'єктно-орієнтованих систем полягають в тому, щоб розглядати світ як поєднання об'єктів, що зв'язуються один з одним для досягнення бажаної функціональності [21, с. 327]. Г. Буч зазначає, що переважна більшість об'єктів реального світу є динамічними, тому для їх подання зручно користуватися діаграмами об'єктів [21, с. 283]. Якщо на етапі проектування не виокремити загальні риси й не встановити зв'язки й ієрархію об'єктів, то на стадії розробки буде виконано більше «необов'язкової» роботи і проблемними будуть подальші модифікації готового проекту [21, с. 284]. Також Г. Буч наголошує, що неможливо уникнути внесення змін до готового проекту, тому необхідним є планування цього процесу. А чутливість до змін є характерною рисою гарно структурованих систем [21, с. 286, 331]. Г. Буч вказує, що питання підвищення продуктивності розробленої системи і внесення змін до неї також значно простіше розв'язуються за умови правильно побудованої структури системи [21, с. 331].

ПЗ побудови діаграм зв'язків, станів, класів, об'єктів тощо – це досить вузький і неоднорідний клас ПЗ, призначений для об'єктно орієнтованого моделювання, побудови діаграм Ганта, карт знань та будь-яких інших візуалізацій, що допомагають узагальнити, виділити основні і другорядні риси певного процесу чи об'єкта, з'ясувати взаємозв'язки і підпорядкованість одних об'єктів іншим. Цей клас ПЗ, візуалізуючи і систематизуючи низку даних, дозволяє учням краще, глибше та ефективніше охопити відомості щодо цих даних. Попри це, використання діаграм (та інших об'єктів, побудованих за допомогою такого ПЗ) активізує когнітивні процеси учнів за рахунок підвищення рівня зацікавленості й активізації зорової уваги й образного мислення. Також процесу побудови такої діаграми передують певні розумові дії, опанування якими є корисним майже для всіх сфер людської діяльності, адже вони пов'язані із загальними методами пізнання. Водночас використання такого ПЗ дозволяє не лише спростити маніпулювання об'єктами, а й зменшити кількість рутинних дій, що їх мав би виконати учень. Прикладами такого ПЗ є, зокрема, Microsoft Visio, SAP Power Designer, Rational Software Architect, Sparx Enterprise Architect, Altova UModel.

ПЗ побудови діаграм зв'язків, станів, класів, об'єктів тощо в профільному навчанні фізики може бути використане для генералізації знань про фізичні явища, теорії, абстракції, для сприяння кращому розумінню учнями зв'язків між ними. Побудова таких діаграм може бути окремим видом діяльності учнів, зокрема, на узагальнюючих і вступних заняттях. Так, на рис. 8 показано діаграму об'єктів для видів навчальних і наукових фізичних досліджень, побудовану в середовищі об'єктно-орієнтованого проектування GenMyModel. Також побудова таких діаграм є корисною в моделюванні (насамперед – комп'ютерному) задля виокремлення важливих рис об'єкта чи явища, що моделюються.

Е. Карлсон (Edward H. Carlson) наголошує на необхідності чіткого планування й організації як лабораторного, так і обчислювального фізичного дослідження на основі методів *управління проектами*. На думку автора, вони можуть бути основою гарно організованої роботи (у фізичній лабораторії, у комп'ютерному програмуванні та

розв'язуванні фізичних задач) [8, с. 400]. Посилаючись на досвід розробки великих програмних проектів, Е. Карлсон робить висновок про застосовність методів управління проектами для покращення продуктивності і якості розробки фізичного програмного забезпечення як найбільш доступного способу навчання узагальнених умінь розв'язування задач.

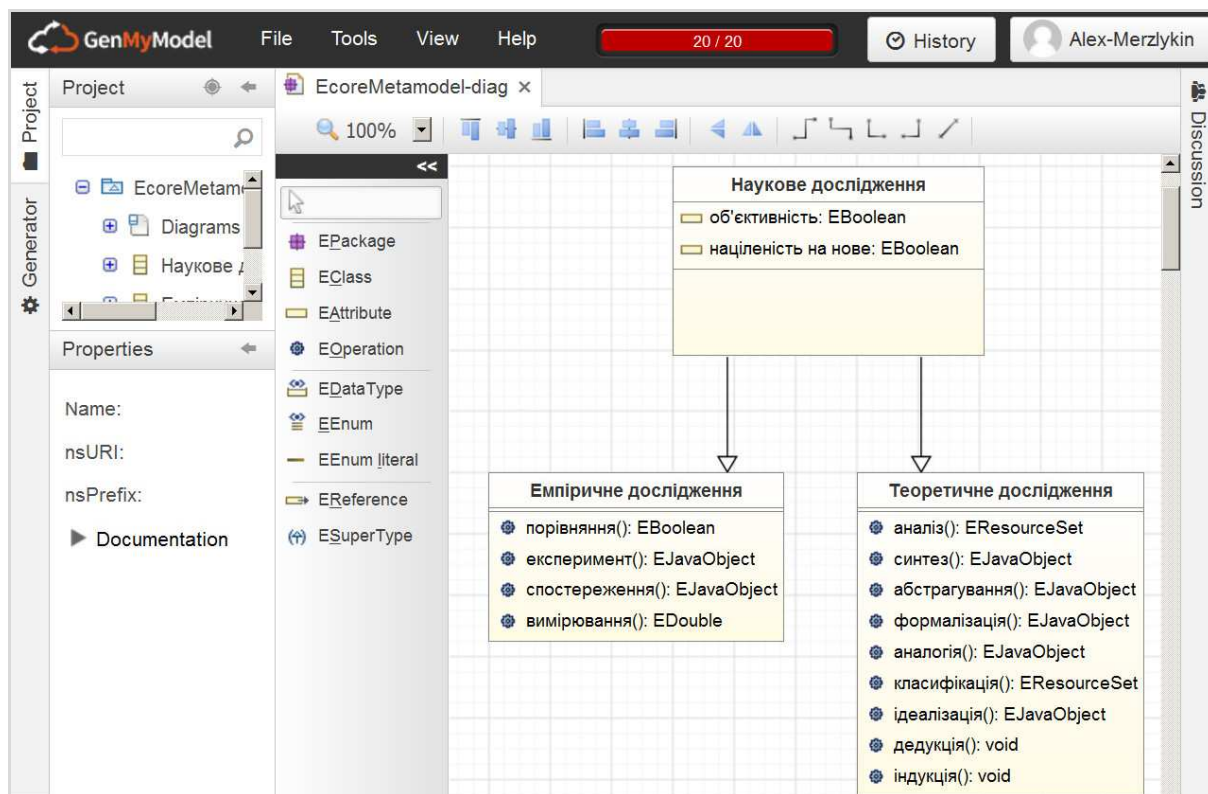


Рис. 8. Діаграма об'єктів для фізичних досліджень, побудована в середовищі об'єктно-орієнтованого проектування GenMyModel

ПЗ управління проектами – це клас ПЗ, зазвичай, орієнтований на управління бізнес-проектами. Задачі, що їх покликані розв'язувати такі ПЗ, можна поділити на такі групи: планування подій і управління задачами (ідентифікація великих складових проекту – так званих віх (milestones), їх декомпозиція, побудова ієрархічної структури роботи, планування взаємозалежних подій, розподіл ресурсів за конкретними задачами, розподіл задач між різними виконавцями, розрахунок часу, необхідного на виконання робіт, побудова графіка виконання робіт і діаграми Ганта, сортування задач, управління декількома проектами одночасно), управління даними (переліки задач, збір даних про терміни виконання робіт, попередження про ймовірні ризики, дані про робоче навантаження, хід проекту, показники та їх прогнозування), управління комунікаціями команди проекту (обговорення робочих питань проекту, фіксація проблем і запитів на внесення змін, урахування ризиків проекту, надання доступу до даних про хід проекту). Частина описаного функціоналу може бути корисною й у виконанні навчальних досліджень з фізики. Прикладами ПЗ управління проектами є Microsoft Project, Basecamp, JIRA, Launchpad, Redmine, ProjectLibre, GanttProject.

У профільному навчанні фізики ПЗ управління проектами доцільно використовувати для організації колективних навчальних досліджень, насамперед – у дистанційному режимі. На рис. 9 показано приклад використання хмаро орієнтованої системи управління проектами Collabtive для організації навчального дослідження з

визначення інтенсивності метеорного потоку Персеїди.

Навчальні дослідницькі проекти

Визначення інтенсивності метеорного потоку... / Списки завдань

Складання звіту за результатами дослідження

Завдання	Користувач	днів
✓ Аналіз інтенсивності	admin	-1
✓ Створення презентації	admin	2

Створити завдання Завершені завдання

Презентація результатів дослідження

Завдання	Користувач	днів
✓ Попередня презентація в гуртку	admin	1
✓ Загальна презентація	admin	2

Створити завдання Завершені завдання

Визначення інтенсивності метеорного потоку... / Завершені завдання

Список завдань	
✓ Спостереження пікової активності	X
✓ Визначення радіантів потоку	X

Рис. 9. Список завдань, складений у системі управління проектами Collabtive для навчального дослідження з визначення інтенсивності метеорного потоку Персеїди

Підбиваючи підсумки застосування кишенькових комп'ютерів у навчальній фізичній лабораторії, Б. Родрігес (Bill Rodriguez) наголошує на перевагах, що їх надають програми-органайзери: «за допомогою кишенькових комп'ютерів студенти можуть збирати, аналізувати дані, складати звіти, використовуючи лише один пристрій; значно спрощується спільне використання даних» [16, с. 43]. Експериментальна група студентів використовувала кишенькові комп'ютери не лише як органайзери (для роботи з конспектами, навчальними програмами, передавання даних експериментів, слідкування за щоденними новинами), а й для моделювання фізичних процесів (зокрема, для візуалізації електричних полів і їх градієнтів), для складання звітів, фотографування деяких даних експериментів (з хвильовою ванною, в оптичній лабораторії тощо) і лабораторних установок для включення їх до звіту. Порівняння результатів експериментальної і контрольної груп показало, що студенти, які

використовували кишенькові комп'ютери протягом року, отримали оцінку на бал вище, ніж ті, що не використовували кишенькові комп'ютери. Окрім того, Б. Родрігес зазначає, що кишенькові комп'ютери надали можливість студентам легше співпрацювати під час виконання експериментів, зберігати актуальні конспекти і навчальні програми, збирати нотатки та інші відомості, ефективніше готувати і розповсюджувати звіти про виконання лабораторних робіт [16, с. 43].

Електронними органайзерами, зазвичай, називають як кишенькові персональні комп'ютери (нині їм на зміну прийшли смартфони і комунікатори, що, фактично, є гібридами кишенькових ПК і мобільних телефонів), так і відповідне ПЗ. Нас більше цікавитимуть електронні органайзери саме як клас прикладного ПЗ, призначеного для накопичення даних користувача, оперативного пошуку в них, планування заходів і контролю за їх виконанням, відстеження подій тощо. Існують як органайзери «широкого вжитку», так і вузькоспеціалізовані органайзери (кулінарні, фінансові, музичні та ін.). Відповідно, і функціонал різних органайзерів може суттєво різнитися. Типовий органайзер, зазвичай, містить такі складові: календар; менеджери контактів, подій тощо; записник; засоби планування завдань та контролю за їх виконанням; будильник; «нагадувач» про певні події. Прикладами такого ПЗ є, зокрема, Microsoft Outlook, Google Calendar, Evernote, Feng Office Community Edition, Mozilla Sunbird, Akonadi, Lotus Organizer.

У процесі формування дослідницьких компетентностей учнів електронні органайзери надають вчителю можливість використання широкого спектру комунікаційних засобів для моніторингу, оперативного планування та коригування навчально-дослідницької діяльності учнів, зокрема, тих, що на початку реалізації проекту мають низький рівень сформованості соціально-поведінкової складової дослідницьких компетентностей. Для учнів даний клас ПЗ виступає насамперед засобом самоорганізації і планування колективної роботи. На рис. 10 наведено фрагмент тижневого планування колективної роботи зі спостереження за зоряним небом з метою визначення рівня і складання мапи світлової забрудненості.

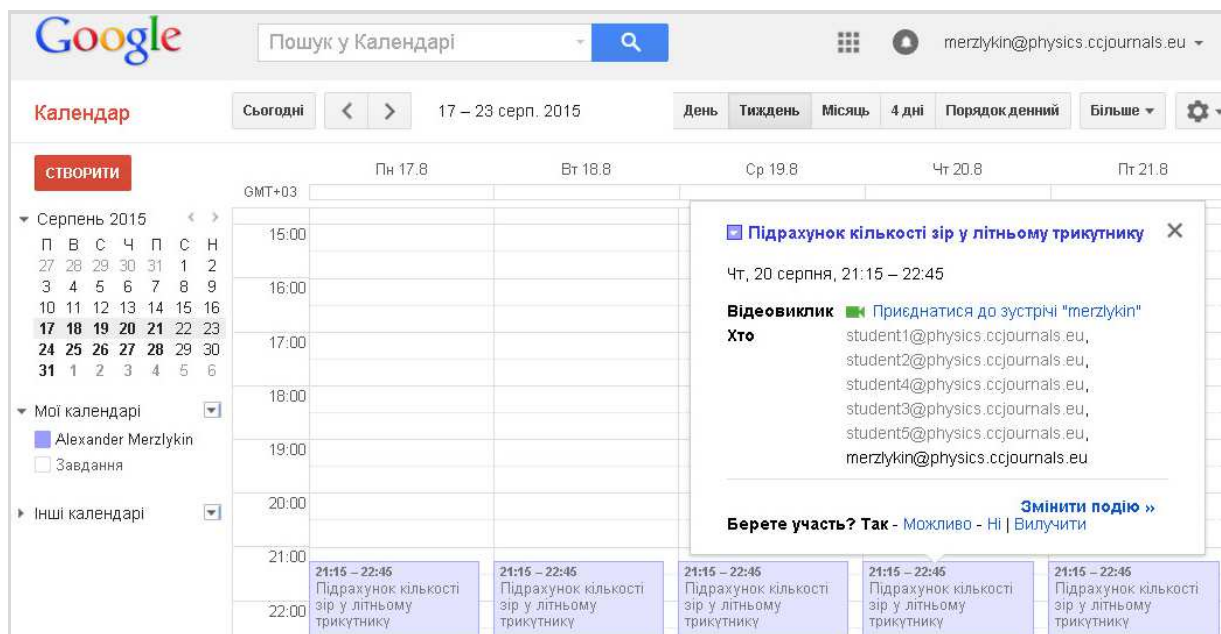


Рис. 10. Тижневе планування спостережень за зоряним небом з метою визначення рівня світлової забрудненості з використанням календарів Google

Д. Р. Хаманн стверджує, що «... переписування показів приладів до лабораторного журналу» не має жодної інтелектуальної цінності, тому має бути автоматизованим [40, с. 248]. *Лабораторні журнали*, як клас, ПЗ покликані імітувати звичайний лабораторний журнал. Найпростіший лабораторний журнал може бути представлений у вигляді програми-записника (текстового чи табличного редактора) з відповідними шаблонами. Роль лабораторного журналу також може виконувати електронний органайзер чи система управління базами даних. Існують лабораторні журнали і як спеціалізоване ПЗ: LAB Story, LabJ, MDL Elan, Open Enventory, STARLIMS ELN тощо (рис. 11). Також лабораторні журнали частково можуть генеруватися автоматично за умови автоматизованого зняття показів приладів. Основними перевагами електронних лабораторних журналів перед паперовими є можливість внесення до них змін у будь-який час, що позбавляє від необхідності вести записи на чернетці й «на чистову», повна чи часткова автоматизація рутинних дій і деяких розрахунків, що дозволяє ще на діяльнісному етапі дослідження оцінити правдоподібність отриманих результатів, проаналізувати похибки, переглянути побудову лабораторної установки.

Поточний курс

- Літня астрономічна школа
 - Учасники
 - Відзнаки
 - Загальне
 - 1 Липень - 7 Липень
 - 8 Липень - 14 Липень
 - 15 Липень - 21 Липень
 - 22 Липень - 28 Липень
 - 29 Липень - 4 Серпень
 - 5 Серпень - 11 Серпень
 - 12 Серпень - 18 Серпень
 - 19 Серпень - 25 Серпень
 - Лабораторний журнал**
 - 26 Серпень - 1 Вересень
 - 2 Вересень - 8 Вересень
- Курси

КЕРУВАННЯ

- Керування курсом
- Перемикнути на роль...
 - Повернутися до моєї ролі

My ELN Index

Hide annotations Expand annotations

Визначення рівня світлового забруднення

Кількість зір у літньому трикутнику

(created by Олександр Володимирович Мерзликін on Четвер, 20 Червня 2015, 23:05)

- ☐ Дата спостереження
- ☐ Час спостереження
- ☐ Широта місця спостереження
- ☐ Довгота місця спостереження
- ☐ Кількість зір

Рис. 11. Електронний лабораторний журнал (Electronic Laboratory Notebook – ELN) у середовищі підтримки навчання Moodle

У профільному навчанні фізики електронні лабораторні журнали доцільно використовувати у складі апаратно-програмних комплексів забезпечення фізичного експерименту за умови автоматизації процесу зняття показів приладів.

Характеризуючи системне програмне забезпечення фізичних досліджень, Д. Р. Хаманн вказує на такі переваги використання UNIX-подібних операційних

систем, як стандартизованість, гарна підтримка обчислювальних задач і задач опрацювання текстів (нині таке ПЗ має назву *текстових процесорів*), мобільність, зручність, природна підтримка мережних обчислень тощо [40, с. 252]. Текстові процесори – це клас ПЗ, що використовують перш за все для написання й модифікації документів, компоновання макету тексту та, можливо, його друку. Сучасні текстові процесори, окрім форматування тексту (шрифти, кеглі, інтервали, абзаци, вирівнювання, колір тощо), передбачають також роботу з таблицями, графічними зображеннями тощо. Надалі розрізнятимемо текстові процесори, що дозволяють одразу бачити на моніторі результати змін, що їх виконує користувач – текстові процесори, що реалізують підхід WYSIWYG. Найбільш відомими сучасними представниками таких текстових процесорів є Microsoft Word, Google Docs, LibreOffice Writer. У інших текстових процесорах форматування тексту (його компіляція) відбувається лише після завершення редагування тексту. Такі текстові процесори реалізують підхід WYSIWYM, який є менш поширеним, але, зазвичай, вони використовують більш складні алгоритми верстки, що дозволяє отримати «гарніший» текст. Прикладами таких текстових процесорів є Kile, MiKTeX, TeXworks, TeXmacs, WIRIS, XML Marker, VisualEditor.

Використання текстових процесорів безпосередньо не впливає на формування дослідницьких компетентностей учнів, проте воно надає можливість уніфікувати форму звіту (зокрема, з виконання лабораторної роботи), частково автоматизувати його складання і зменшити час, необхідний на його складання, відтіснивши на другий план рутинні дії, надаючи учневі можливість сконцентруватися безпосередньо на дослідженні. Використання текстових процесорів також полегшує процес обміну результатами дослідження між учнями, що особливо актуально у групових дослідженнях і за дистанційної форми навчання (рис. 12).

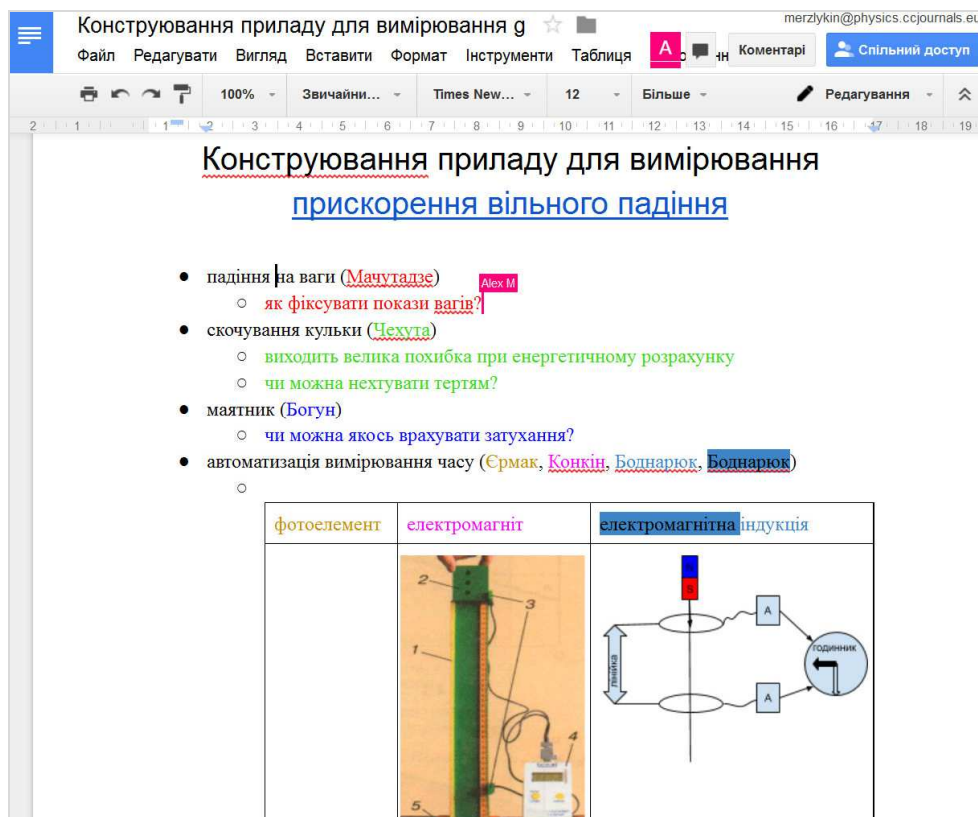


Рис. 12. Спільне редагування у Google Docs плану роботи з конструювання приладу для вимірювання прискорення вільного падіння

М. І. Старовіков [38] пропонує дидактичну модель формування й розвитку дослідницької діяльності у школярів у процесі вивчення фізики в умовах інформатизації навчання, у якій основною організаційною формою навчання є лабораторний практикум, що регулярно проводиться протягом року і фактично є окремим навчальним курсом. Практикум складається не лише з натурних експериментів, а містить також елементи імітаційного і чисельного моделювання. Також передбачено опрацювання даних натурального експерименту за допомогою комп'ютера. Д. Р. Хаманн стверджує, що наочна *презентація* результатів (у тому числі мультимедійна) надає нові можливості для аналізу досліджуваного явища, наводячи як приклад науковий «фільм», знятий «з точки зору демона Максвелла» [40].

Редактори презентацій (ПЗ підготовки презентацій) – клас ПЗ, що використовується для подання даних у вигляді слайд-шоу для супроводу доповідей. Редактор презентацій, зазвичай, виконує три основні функції: текстового редактора, що дозволяє вставляти і формувати текст, медіа-редактора графіки, аудіо, відеоданих та системи показу слайдів для відображення вмісту. ПЗ підготовки презентацій покликані, з одного боку, надати доповідачеві можливість структурувати доповідь, а з іншого, – надати слухачам візуалізовані й генералізовані відомості, що супроводжують усну доповідь. Також у процесі створення презентації учні узагальнюють і генералізують хід і результати проведеного дослідження, тому мультимедійна презентація може слугувати частиною звіту про виконану роботу. Доречнішим є використання такої форми звітування про виконану роботу в тому випадку, коли мова йде про виконаний групою учнів проект, результати якого мають бути презентовані аудиторії. Найпоширенішими сучасними редакторами презентацій є Microsoft PowerPoint, Google Slides, Prezi, LibreOffice Impress, iWork Keynote, Scribus, Adobe Presenter.

Використання мультимедійних презентацій у будь-яких навчальних фізичних дослідженнях надає можливість учневі генералізувати власні ідеї (перш за все, на етапі планування дослідження), систематизувати результати (на етапі опрацювання результатів дослідження) та зробити висновки (рис. 13). Безумовною є користь від використання презентацій задля того, щоб поділитися результатами дослідження (чи його частини) з іншими учнями.

Систематичний аналіз результатів експериментальної роботи з розробки і використання мультимедійного курсу фізики у 1969–1971 рр. наводить Р. К. Бренсон (Robert K. Branson) [4]. У різних експериментальних групах використовувались відеокасетні записи тривалістю 15–40 хвилин, «книжки, що розмовляють» (ті ж відеозаписи, але з відповідними звуковими коментарями) та «ілюстровані книги» (ті ж «книжки, що розмовляють», але в яких візуальну інформацію було опрацьовано, виділено головне, а конспект аудіоматеріалу було роздруковано). Подальшим розвитком цього дослідження стала модель педагогічного проектування ADDIE [5]. За словами С. Вейера (Stephen A. Weyer), необхідність застосування мультимедіа в навчанні фізики впливає вже із самої природи пізнання і навколишнього світу: «сприйняття та досвід – дуже динамічні та особисті, – погано передаються статичним текстом» [18, с. 93]. Попри це, застосування мультимедіа, за словами С. Вейера, змінить стиль подання та організації знань. Н. Янкелович (Nicole Yankelovich), К. Сміт (Karen E. Smith), Л. Н. Гарретт (L. Nancy Garrett) та Н. Мейровіц (Norman Meyrowitz) описують досвід використання авторського переглядача і *редактора гіпермедіа* («розширений текст», що, окрім тексту, включає в себе інші види медіаданих: статичні й анімовані графічні об'єкти, відео, звук, музику тощо [19, с. 39]) – Intermedia в навчанні. Intermedia включає в себе п'ять прикладних програм: текстовий редактор InterText, графічний редактор InterDraw, переглядач сканованих зображень InterPix, переглядач тривимірних об'єктів InterSpect, редактор графіків InterVal. Гіпермедіа-

функціональність інтегрована в кожен з п'яти програм так, що гіпермедіа-посилання створюються в процесі створення (чи редагування) документа у відповідній програмі [19, с. 40–41].

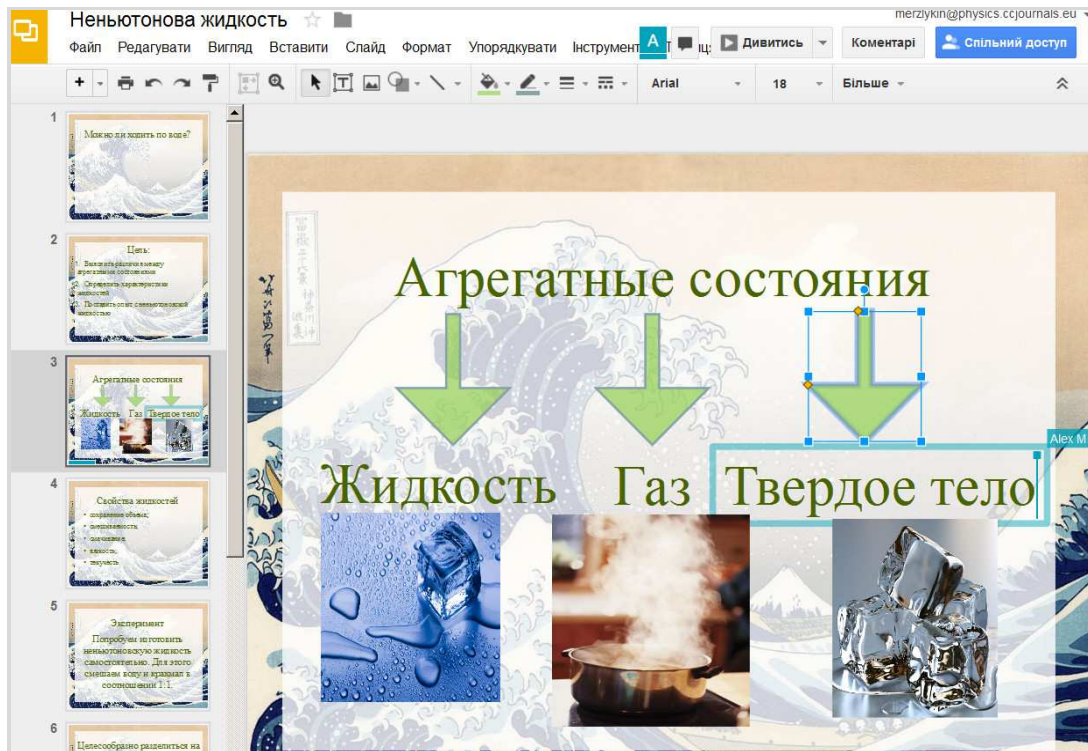


Рис. 13. Презентація за результатами дослідження властивостей неньютонівської рідини, створена у редакторі презентацій Google Slides

Надалі під *медіа-редакторами* розумітимемо як редактори мультимедіа, так і суто графічні, відео-, аудіоредактори. Кожен із цих типів ПЗ (окрім редакторів мультимедіа) призначений для редагування відповідного типу даних. Так графічні редактори дозволяють створювати, опрацьовувати, редагувати цифрові (векторні чи растрові, статичні чи анімовані) зображення. Найбільш популярними є такі графічні редактори: Adobe Photoshop, Adobe Illustrator, GIMP, Corel Draw, Inkscape. Аудіоредактори дозволяють записувати, відтворювати, відображати, перетворювати, аналізувати цифрові звукозаписи. Функціонал аудіоредакторів може відрізнятися залежно від призначення програми. Часто звукозапис подається в аудіоредакторі у вигляді сигналограми. Прикладами сучасних аудіоредакторів є Audacity, FL Studio, Steinberg Cubase, Logic Pro, GarageBand, Adobe Audition, REAPER, Sound Forge, Reason, ACID Pro. Відеоредактори, відповідно, слугують для записування, монтажу, аналізу та опрацювання відеозаписів. Зазвичай, ПЗ, що позиціонується його розробниками як відеоредактори, підтримує також накладання на відеодоріжку тексту, малюнків та звукової доріжки. Тобто таке ПЗ фактично є редакторами мультимедіа. Прикладами таких редакторів є WAX, Windows Movie Maker, Adobe After Effects, Sony Vegas Pro, iMovie, FFmpeg, Corel VideoStudio, Pinnacle Studio, Lightworks, Avidemux, YouTube Video Editor.

На рис. 14 наведено приклад використання YouTube Video Editor для адаптації ненавчального відео для навчальних цілей: вирізання лише значущих для даної навчальної теми частин, комбінування декількох відеофайлів, створення субтитрів і додаткових текстових коментарів рідної мовою, акцентування уваги учнів за

допомогою візуальних ефектів.

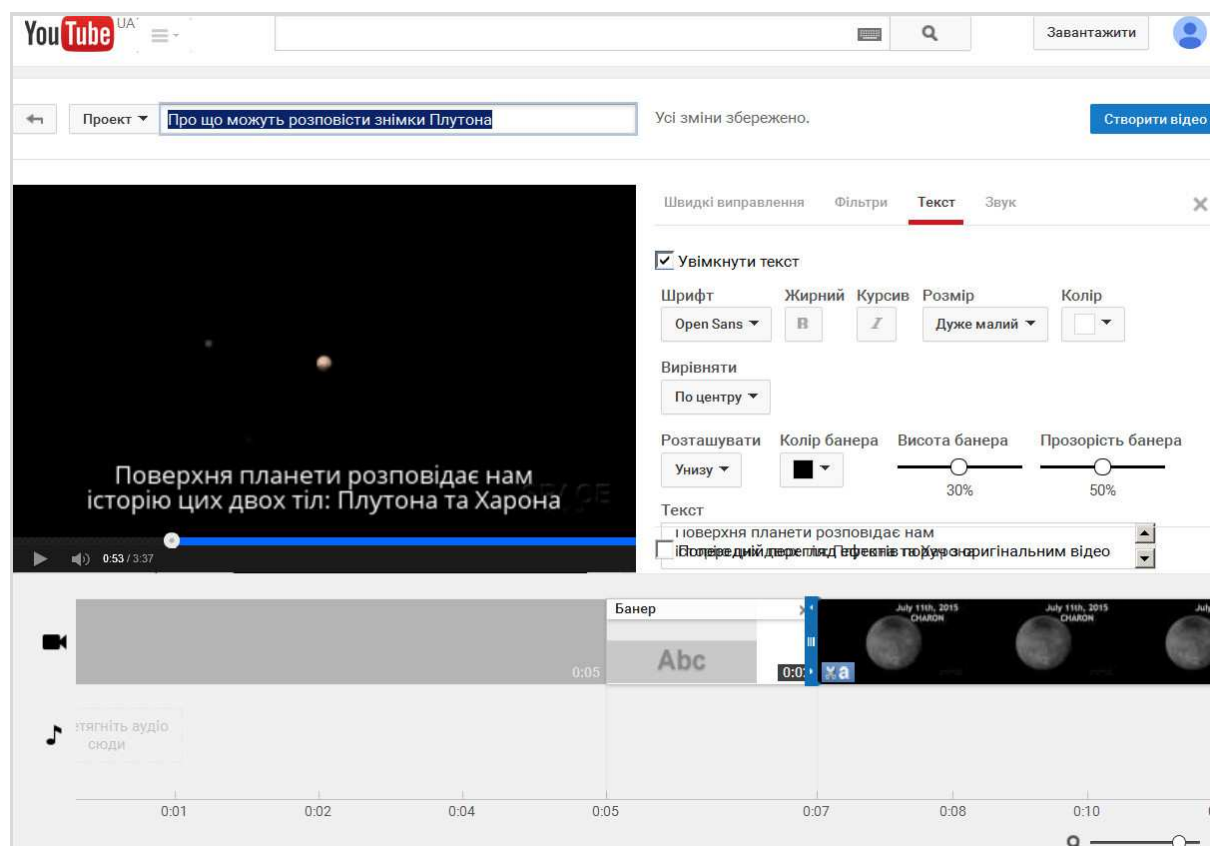


Рис. 14. Використання медія-редактора YouTube Video Editor для створення навчального відео

Захоплювання (запис) даних навчального фізичного експерименту з метою подальшого аналізу також має досить давню історію й тісно пов'язано з використанням мультимедія у курсі фізики. ПЗ для захоплювання чи запису відео, аудіо є класом ПЗ, що працює з відповідним обладнанням (фото- чи відеокамерою, мікрофоном тощо). Фактично ПЗ цього класу складається з двох «шарів» – системного (драйвер відповідного обладнання) і прикладного (програма, що має інтерфейс користувача і зв'язується з обладнанням через драйвер). Системна частина ПЗ визначається обладнанням, що використовується в дослідженні, а прикладна, зазвичай, окрім безпосередньо захоплювання даних надає можливості для їх редагування, тобто фактично є медія-редактором.

М. Ю. Гармашов задля підвищення рівня сформованості дослідницьких компетентностей пропонує використовувати «відеокомп'ютерний експеримент», під яким автор розуміє один з різновидів експерименту, проведеного із застосуванням відеоаналізу: «відеокомп'ютерний експеримент є способом організації шкільного фізичного експерименту, у ході якого здійснюються реальний (натурний) експеримент і відеозйомка процесу з подальшим створенням комп'ютерної моделі для вивчення швидкоплинних фізичних явищ стробоскопічним методом» [22, с. 8]. Наразі, на думку автора, актуалізуються такі складові дослідницької компетентності: розуміння технічної і соціальної значущості застосування сучасних технологій для дослідження фізичних процесів; здатність виявляти проблеми, визначати цілі й задачі їх розв'язання за допомогою відеокомп'ютерного експерименту; уміння проектувати теоретичну модель проведення експерименту; готовність реалізовувати відеокомп'ютерний

фізичний експеримент й інтерпретувати його дані.

На рис. 15 наведено приклад використання ПЗ для відеозапису вільного падіння з метою подальшого аналізу отриманих відеоданих для визначення характеристик руху. Використання відеозапису для цього дослідження надає можливість мінімізувати похибки, пов'язані зі швидкоплинністю досліджуваного процесу.

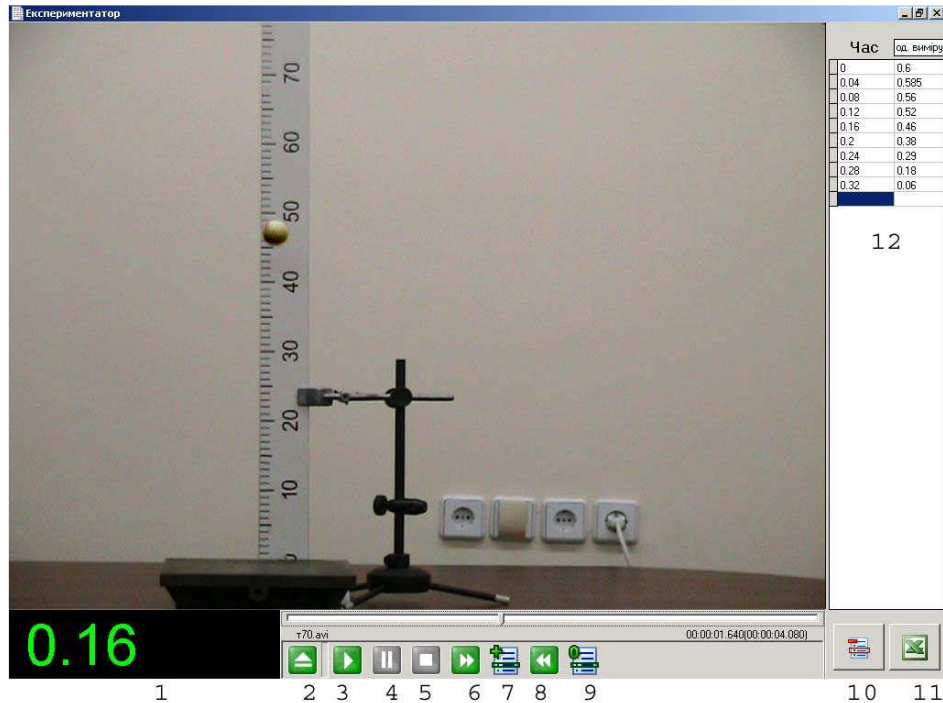


Рис. 15. Інтерфейс програми «Експериментатор» для запису і подальшого аналізу відеоданих

У 1988 році під час свого майстер-класу П. Ловс (Priscilla W. Laws) і Дж. Лютцельшваб (John W. Luetzelshwab) розповідали про п'ятирічний досвід використання у коледжі Дікінсон «комп'ютерно орієнтованих вимірювань, аналізу даних, побудови графіків та чисельного розв'язування задач» [13, с. 240]. Зокрема, використання ними оптичних рамок (photogates – приладів, що визначають час між подіями, які переривають світловий промінь) передбачало застосування студентами програмного забезпечення для автоматичного (чи напівавтоматичного) збереження даних з оптичної рамки і подальшого аналізу сигналів – *контент-аналізу* з метою визначення координат, швидкості, прискорення.

Засоби контент-аналізу – це клас ПЗ, близький до медіа-редакторів. Засоби контент-аналізу використовуються для аналізу отриманих раніше графічних, аудіо- чи відеоданих. Відповідно, розрізняють засоби графічного, аудіо- та відеоаналізу. На заняттях з фізики засоби контент-аналізу використовують для визначення певних фізичних характеристик на основі аналізу записів фізичних досліджень, спрямованого на перевірку гіпотез про характер перебігу досліджуваних процесів, отримання й опрацювання результатів дослідження. Так, наприклад, фіксуючи перебіг експерименту з метою його подальшого аналізу, стає можливим дослідження швидкоплинних і занадто повільних фізичних процесів у рамках шкільного курсу фізики. Окрім відповідних медіа-редакторів, що, зазвичай, включають в себе функції контент-аналізу, існують ще спеціалізовані засоби контент-аналізу.

К. Р. Нейв (Carl Rod Nave) і Д. Л. Белл (Darrell L. Bell) повідомляють про досвід

використання комп'ютера для іншого різновиду контент-аналізу – *аудіоаналізу*. Розроблене ними програмне забезпечення надає можливість захоплення звуку з відповідним аналогово-цифровим перетворенням, виконання швидкого Фур'є-аналізу захоплених або збережених іншим способом даних, візуалізації записаних даних і їх амплітудно-частотної характеристики [15, с. 236]. Автори відзначають, що такий аналіз може бути застосований також у вивченні електромагнетизму й оптики.

У шкільному навчальному дослідженні аудіоаналіз може бути використаний, наприклад, для визначення за сигналограмою часу між зіткненнями тіл (зіткненням відповідають піки на сигналограмі – рис. 16). У шкільних лабораторних так, зокрема, можна визначати швидкості при перевірці законів збереження.

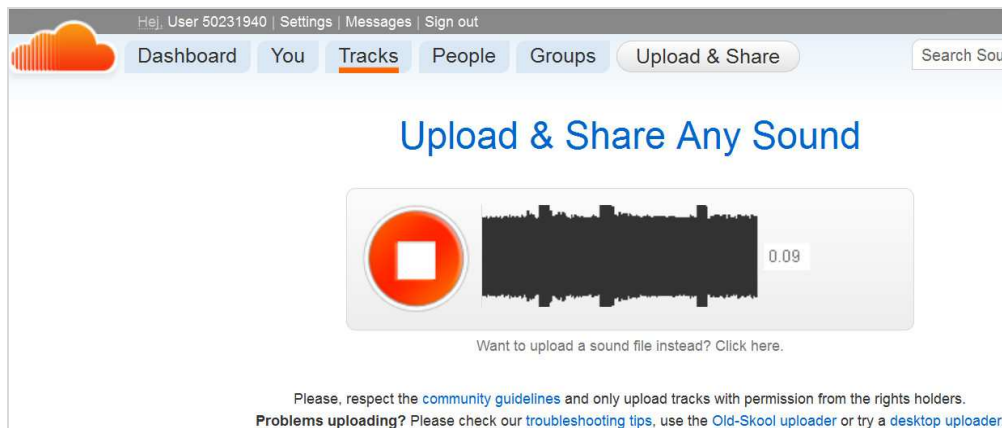


Рис. 16. Запис звуку в SoundCloud для подальшого аудіоаналізу

Р. Дж. Байхнер (Robert J. Beichner), М. Дж. Демарко (Michael J. DeMarco), Д. Дж. Етtestад (David J. Ettestad) та Е. Глісон (Edward Gleason) наводять приклад програмного забезпечення для опрацювання відеоданих, що студенти записують на відеокамеру під час фізичного експерименту (зіткнення візків, коливання пружинного маятника) або спостереження (прискорення автомобіля, приземлення літака). Подальше відтворення запису на відповідному програвачі супроводжується захопленням окремих кадрів, їх оцифруванням і збереженням у графічному форматі, що може опрацьований MacPaint. За допомогою авторського програмного забезпечення VideoGraph студенти можуть обрати початок координат, калібрувати зображення шляхом встановлення відповідності між візуальними і реальними розмірами, виконати маркування точок, отримати графіки зміни координат, швидкості та прискорення в проекціях на вісі [2, с. 244]. Серед переваг даного різновиду контент-аналізу – відеоаналізу – перед традиційним стробоскопічним методом автори виділяють можливість аналізу раніше проведених експериментів (у тому числі виконаних іншими) як в умовах лабораторії, так і вдома, що розширює можливості кінематичних досліджень.

Відео аналіз, зазвичай, використовують для аналізу двовимірному механічному руху. Так І. С. Чернецький [41] пропонує таку схему проведення лабораторних роботах з механіки.

1. Відеозйомка засобами Web-камери або відеокамери.
 2. Опрацювання відеозапису за допомогою DataPoint: «Головна ідея виконання робіт – це створення й аналіз таблиць екранних координат точок, що належать досліджуваному рухомому об'єкту» [41, с. 299]. За допомогою DataPoint формується таблиця екранних координат.
 3. Аналіз табличних даних за допомогою електронних таблиць.
- Дж. А. Брайан (Joel Arthur Bryan) [7], А. Александрова (Aleksandrija Aleksandrova)

та Н. Нанчева (Nadezhda Nancheva) [1] пропонують використовувати відеоаналіз не лише на лабораторних роботах з кінематики, а й для досліджень, що ілюструють закони збереження в механіці. Порівнюючи застосування відеоаналізу із застосуванням комп'ютерних комплексів для автоматизації фізичного експерименту, Дж. А. Брайан, посиляючись на роботи попередників (зокрема, [6]), зауважує, що опрацювання «на льоту» і відкладене у часі мають однаковий навчальний вплив. До основних *переваг відеоаналізу* Дж. А. Брайан відносить такі [7, с. 55]: можливість аналізу на одному запису більш ніж одного об'єкта і можливість порівняння руху різних об'єктів у одній системі; відеоаналіз не потребує складного обладнання для комп'ютеризації фізичного експерименту і є більш фінансово доступним; відеоаналіз може бути виконаний як над швидкоплинними, так і над довготривалими процесами (у тому числі й тими, що перебігають одночасно); відеоаналіз може бути виконаний як над спеціально зробленими записами, так і над будь-якими іншими. Найбільш поширеними засобами навчального фізичного відеоаналізу є VideoPoint Physics Fundamentals, DataPoint, Measurement-in-Motion, Logger Pro, Tracker, Physics ToolKit, KCS Motion, Coach, «Експериментатор» [25]. За результатами проведеного аналізу можна зробити висновок, що найбільш придатним для формування дослідницьких компетентностей учнів у профільному навчанні фізики засобом є Tracker [31].

Засоби контент-аналізу в шкільному дослідженні доцільно використовувати разом із засобами захоплення чи запису відео, аудіо тощо. Особливо корисним є використання відеоаналізу в механіці. Зокрема, дослідження руху тіл під дією сили тяжіння з використанням відеоаналізу надає учням можливість безпосередньо переконатись у справедливості відомих закономірностей у кожен момент часу, побачити траєкторію руху тіла, розрахувати значення прискорення вільного падіння з непоганою точністю. Застосування відеоаналізу в дослідженні законів збереження надає учням можливість виміряти миттєві швидкості й переміщення в різні моменти часу. Так вони можуть перевірити закони збереження імпульсу, збереження і перетворення механічної енергії, оперуючи результатами прямих вимірювань. Використання відеоаналізу в дослідженні маятників надає можливість вимірювати згасання через кожен період і визначити так декремент згасання. Для нитяного маятника за допомогою відеоаналізу можна також оцінити динаміку зміни площини коливання. Використання аудіоаналізу у виконанні шкільних досліджень з механіки, наприклад, надає можливість, аналізуючи хвильові форми аудіозапису, більш точно виміряти відрізки часу між зіткненнями тіл під час дослідження закону збереження імпульсу.

3. ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Отже, для підтримки навчальних досліджень з фізики застосовують такі класи засобів ІКТ:

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> – віртуальні лабораторії; – віртуальні тренажери; – електронні органайзери; – засоби контент-аналізу; – лабораторні журнали; – медіа-редактори; – мови програмування і бібліотеки; – ПЗ для захоплення чи запису відео, аудіо тощо; | <ul style="list-style-type: none"> – ПЗ моделювання фізичних процесів; – ПЗ побудови діаграм зв'язків, станів, класів, об'єктів тощо; – ПЗ управління проектами; – редактори презентацій; – системи комп'ютерної математики; – статистичні пакети; – табличні процесори; – текстові процесори. |
|--|--|

Подальшого дослідження вимагають питання розробки і використання:

- ✓ електронних освітніх ресурсів підтримки навчальних фізичних досліджень із хмарним доступом;
- ✓ методики їх використання у процесі формування дослідницьких компетентностей старшокласників у профільному навчанні фізики.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Aleksandrova A. Using video analysis to investigate conservation impulse and mechanical energy laws / Aleksandrija Aleksandrova, Nadezhda Nancheva // Methodologies and Tools of the Modern (e-) Learning : Supplement to the International Journal "INFORMATION TECHNOLOGIES & KNOWLEDGE" Volume 2/2008 / Krassimir Markov, Krassimira Ivanova, Ilia Mitov (ed.). – Sofia : FOI ITHEA, 2008. – (Information Science and Computing, Number 6). – P. 91–96.
2. Beichner R. J. Video Graph: A New Way to Study Kinematics / Robert J. Beichner, Michael J. DeMarco, David J. Ettestad, and Edward Gleason // The Conference on Computers in Physics Instruction : Proceedings (Raleigh, North Carolina, August 1–5, 1988) / Edited by Edward F. Redish and John S. Risley. – Redwood : Addison-Wesley Publishing Company, The Advanced Book Program, 1990. – P. 244–245.
3. Bothun G. D. Virtual Laboratory (University of Oregon) [Electronic resource] / Gregory Bothun, Sean Russell, Amy Hulse // Computers in Physics. – AIP Publishing. – January 1998. – Volume 12, Issue 1. – 2 p. – Access mode : <http://scitation.aip.org/deliver/fulltext/aip/journal/cip/12/1/1.168650.pdf>.
4. Branson R. K. Formative Evaluation Procedures Used in Designing a Multi-Media Physics Course : materials of Annual Meeting of the American Educational Research Association / Robert K. Branson. – New York, February 1971. – 20 p.
5. Branson R. K. Interservice Procedures for Instructional Systems Development. Executive Summary and Model : Final rept. 25 Jun 1973-31 Dec 1975 / Robert K. Branson, Gail T. Rayner, J. Lamarr Cox, John P. Furman, F. J. King. – Tallahassee : Florida State University, Center for Educational Technology. – 1975. – 185 p.
6. Brungardt J. B. Influence of interactive videodisc instruction using simultaneous-time analysis on kinematics graphing skills of high school physics students / John B. Brungardt, Dean Zollman // Journal of Research in Science Teaching. – 1995. – October. – Volume 32, Issue 8. – P. 855–869.
7. Bryan J. A. Investigating the conservation of mechanical energy using video analysis: four cases / J. A. Bryan // Physics Education. – 2010. – No 4. – P. 50–57.
8. Carlson E. H. An Example of «Task Management» in Constructing a Computer Program / Edward H. Carlson // The Conference on Computers in Physics Instruction : Proceedings (Raleigh, North Carolina, August 1–5, 1988) / Edited by Edward F. Redish and John S. Risley. – Redwood : Addison-Wesley Publishing Company, The Advanced Book Program, 1990. – P. 400–402.
9. Checinski M. P. Using FireFly in Education and Research at Home [Electronic resource] / M. Checinski. – 34 p. – Access mode : <http://classic.chem.msu.su/gran/games/marek/en/docs/PCG-Tutorial-Usage.pdf>.
10. Computer Physics Communications Program Library [Electronic resource]. – Access mode : <http://www.cpc.cs.qub.ac.uk/>
11. Esquembre F. Computers in Physics Education [Electronic resource] / Francisco Esquembre // Computer Physics Communications. – Amsterdam : North-Holland, 1 august 2002. – Vol. 147, Issue 1. – P. 13–18. – Access mode : <http://colos.inf.um.es/DiseGrafSimula/Docs/Article%20Esquembre.pdf>.
12. Kimel J. D. Microcomputer-Based Integrated Statistics, Analysis, and Graphics Software for Introductory Physics Laboratories / J. D. Kimel // The Conference on Computers in Physics Instruction : Proceedings (Raleigh, North Carolina, August 1–5, 1988) / Edited by Edward F. Redish and John S. Risley. – Redwood : Addison-Wesley Publishing Company, The Advanced Book Program, 1990. – P. 251–253.
13. Laws P. W. Visual Photogate Timing and Graphical Data Analysis / Priscilla Laws and John Luetzelshwab // The Conference on Computers in Physics Instruction : Proceedings (Raleigh, North Carolina, August 1–5, 1988) / Edited by Edward F. Redish and John S. Risley. – Redwood : Addison-Wesley Publishing Company, The Advanced Book Program, 1990. – P. 240–241.
14. Misner Ch. W. Spreadsheets in Research and Instruction / Charles W. Misner // The Conference on Computers in Physics Instruction : Proceedings (Raleigh, North Carolina, August 1–5, 1988) / Edited by Edward F. Redish and John S. Risley. – Redwood : Addison-Wesley Publishing Company, The Advanced Book Program, 1990. – P. 382–398.
15. Nave C. R. Laboratories in Sound Analysis Using Fast Fourier Transforms / Carl R. Nave, Darrell L. Bell

- // The Conference on Computers in Physics Instruction : Proceedings (Raleigh, North Carolina, August 1-5, 1988) / Edited by Edward F. Redish and John S. Risley. – Redwood : Addison-Wesley Publishing Company, The Advanced Book Program, 1990. – P. 236–237.
16. Rodriguez B. Advanced Physic Using Handhelds [Electronic resource] / Bill Rodriguez // PalmTM Education Pioneers Program : Final Evaluation Report / Prepared by : Phil Vahey, Valerie Crawford. – Palm. – P. 43. – Access mode : http://palmgrants.sri.com/PEP_Final_Report.pdf.
 17. Simulation programs for physics education using virtual reality technique / Jong-Heon Kim, Sang-Tae Park, Heebok Lee, Keun-Cheol Yuk, Heeman Lee // Teaching and Learning of Physics in Cultural Contexts : Proceedings of the International Conference on Physics Education in Cultural Contexts / Editor : Park Yunebae. – World Scientific Pub Co Inc, 2004. – P. 401–408.
 18. Weyer S. A. As We May Learn / Stephen A. Weyer // Learning Tomorrow : Journal of the Apple Education Advisory Council / Managing Editors : Sueann Ambron, Kristina Hooper. – Cupertino : Apple Computer, Spring 1987. – [vol.] 3 : Multimedia in Education : Proceedings of an Invitational Conference on Multimedia in Education (Cupertino, California, June 19-20, 1986). – P. 89–109.
 19. Yankelovich N. Issues in Designing a Hypermedia Document System: The Intemedia Case Study / Nicole Yankelovich, Karen E. Smith, L. Nancy Garrett, Norman Meyrowitz // Learning Tomorrow : Journal of the Apple Education Advisory Council / Managing Editors : Sueann Ambron, Kristina Hooper – Cupertino : Apple Computer, Spring 1987. – [vol.] 3 : Multimedia in Education : Proceedings of an Invitational Conference on Multimedia in Education (Cupertino, California, June 19–20, 1986). – P. 35–87.
 20. Абдулов Р. М. Использование интерактивных средств в процессе развития исследовательских умений учащихся при обучении физике : автореферат дисс. ... кандидата педагогических наук : 13.00.02 «Теория и методика обучения и воспитания (физика, уровень общего образования)» / Абдулов Рашид Миниахметович ; Уральский государственный педагогический университет. – Екатеринбург, 2013. – 23 с.
 21. Буч Г. Объектно-ориентированное проектирование с примерами применения / Гради Буч. – М. : Конкорд, 1992. – 519 с.
 22. Гармашов М. Ю. Формирование исследовательской компетентности учащихся средней школы при обучении физике на основе видеокomпьютерного эксперимента : автореферат дисс. ... кандидата педагогических наук : 13.00.02 «Теория и методика обучения и воспитания (физика)» / Гармашов Михаил Юрьевич ; Волгоградский государственный социально-педагогический университет. – Волгоград, 2013. – 24 с.
 23. Желюк О. М. Удосконалення навчального фізичного експерименту засобами сучасної електронної техніки : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02 «Теорія і методика навчання (фізики)» / Желюк Олег Миколайович ; Рівненський державний педагогічний інститут. – Рівне, 1996. – 222 с.
 24. Жук Ю. О. Дослідницька компетентність у межах комп'ютерно орієнтованої діяльності старшокласника / Жук Ю. О. // Ановані результати науково-дослідної роботи Інституту педагогіки НАПН України за 2012 рік : наукове видання / Інститут педагогіки. – К., 2013. – С. 89–90.
 25. Литвинов Ю. В. Комп'ютерні технології в експерименті з механіки / Юрій Литвинов, Євген Малець, Олена Мялова, Віктор Сергєєв // Наукові записки. Серія : Педагогічні науки. Випуск 82. – Кіровоград : РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2009. – Частина 2. – С. 312–316.
 26. Мерзликін О. В. Дослідницькі ІКТ-компетенції старшокласників у процесі профільного навчання фізики [Електронний ресурс] / Мерзликін Олександр Володимирович // Педагогічні обрії : спецвипуск за матеріалами науково-практичної інтернет-конференції з проблеми «Інформаційні технології в навчальному процесі 2014». – 2015. – № 2 (80). – С. 48–51. – Режим доступу : <https://drive.google.com/file/d/0BzXzAlavBkXbW5NY2w1Q3U0WnM/view>
 27. Мерзликін О. В. Дослідницькі компетентності з фізики старшокласників: структура, рівні, критерії сформованості / О. В. Мерзликін // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету. Серія педагогічна / [редкол. : П. С. Атаманчук (голова, наук. ред.) та ін.]. – Кам'янець-Подільський : Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2014. – Вип. 20 : Управління якістю підготовки майбутнього вчителя фізико-технологічного профілю. – С. 42–46.
 28. Мерзликін О. В. Дослідницькі компетентності з фізики учнів профільних класів у системі міжпредметних компетентностей / Мерзликін О. В. // Збірник матеріалів І Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених «Наукова молодь-2013» / За заг. ред. проф. Бикова В. Ю. та Спіріна О. М. – К. : ІТЗН НАПН України, 2014. – С. 90–94.
 29. Мерзликін О. В. Навчальні дослідження у курсі фізики профільної школи: компетентнісний підхід / О. В. Мерзликін // Збірник наукових праць. Педагогічні науки / [редакційна колегія. : Барбіна Є. С. (відповідальний редактор) та ін.]. – Херсон : ХДУ, 2014. – Випуск 66. – С. 157–163.

30. Мерзликін О. В. Наступність та неперервність формування дослідницьких компетентностей старшокласників та студентів у навчанні фізики / Олександр Мерзликін, Юлія Єчкало // Наукові записки / Міністерство освіти і науки України, Кіровоградський державний педагогічний університет імені Володимира Винниченка – Кіровоград, 2014. – Випуск 6. – Серія : Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти. Частина 2. – С. 81–86.
31. Мерзликін О. В. Програмне забезпечення відеоаналізу у навчальному фізичному експерименті / Мерзликін О. В. // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету. Серія педагогічна / [редкол. : П. С. Атаманчук (голова, наук. ред.) та ін.]. – Кам'янець-Подільський : Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2012. – Вип. 18 : Інновації в навчанні фізики: національний та міжнародний досвід. – С. 123–125.
32. Мерзликін О. В. Система дослідницьких компетентностей з фізики учнів старшої школи / О. В. Мерзликін // Управління якістю підготовки майбутнього вчителя фізико-технологічного профілю : збірник матеріалів міжнародної Інтернет-конференції / Міністерство освіти і науки України, Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка ; [редкол. : П. С. Атаманчук (голова, наук. ред.) та ін.]. – Кам'янець-Подільський : Аксіома, 2014. – С. 34–35.
33. Мерзликін О. В. До визначення поняття «дослідницькі компетентності старшокласників з фізики» / Олександр Мерзликін // Наукові записки / Міністерство освіти і науки України, Кіровоградський державний педагогічний університет імені Володимира Винниченка. – Кіровоград, 2015. – Випуск 7. – Серія : Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти. Частина 2. – С. 192–197.
34. Мерзликін О. В. Дослідницькі компетентності старшокласників з фізики / Мерзликін О. В. // Засоби і технології сучасного навчального середовища. Присвячується 85-річчю з дня народження Ковальова Івана Захаровича : матеріали науково-практичної конференції, м. Кіровоград, 22–23 травня 2015 року / Міністерство освіти і науки України, Кіровоградський державний педагогічний університет імені Володимира Винниченка, Інститут інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України, Гомельський державний університет імені Ф. Скорини, Грузинський технічний університет, Кіровоградський ОППО імені Василя Сухомлинського ; відповідальний редактор : С. П. Величко. – Кіровоград : Ексклюзив-Систем, 2015. – С. 135–136.
35. Мерзликін О. В. Формування дослідницьких компетентностей з фізики в умовах профільного навчання [Електронний ресурс] / Мерзликін Олександр Володимирович // Звітна наукова конференція Інституту інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України. 19 березня 2015 р. : матеріали наукової конференції / Національна академія педагогічних наук України, Інститут інформаційних технологій і засобів навчання. – К. : ІТЗН НАПН України, 2015. – 3 с. – Режим доступу : http://conf.iitlt.gov.ua/Images/Files/Merzlykin_Zvit-conf_98_1426508551_file.doc
36. Салихов З. Б. Комплекс современных информационно-технических средств кабинета физики как условие повышения эффективности обучения : дисс. ... канд. пед. наук : 13.00.02 «Теория и методика обучения и воспитания (физике в общеобразовательной школе)» (по педагогическим наукам) / Салихов Заурбек Багаутдинович ; Дагестанский институт повышения квалификации педагогических кадров. – М., 2003. – 200 с.
37. Сельдяев В. И. Развитие исследовательских умений учащихся при использовании компьютеров в процессе выполнения лабораторных работ на уроках физики : дисс. ... кандидата педагогических наук : 13.00.02 «Теория и методика обучения физике» / Сельдяев Валерий Иванович ; Российский государственный педагогический университет имени А. И. Герцена. – Санкт-Петербург, 1999. – 207 с.
38. Старовиков М. И. Формирование учебной исследовательской деятельности школьников в условиях информатизации процесса обучения : авторефер. дисс. ... д-ра пед. наук : 13.00.02 – теория и методика обучения и воспитания (физика) / Старовиков Михаил Иванович ; Челябинский государственный педагогический университет. – Челябинск, 2007. – 43 с.
39. Фейнман Р. Ф. Фейнмановские лекции по физике / Р. Фейнман, Р. Лейтон, М. Сэндс. – М. : Мир, 1965–1967. – 9 т. – [Вып.] 1: Современная наука о природе. Законы механики. – 1965. – 267 с.
40. Хаманн Д. Р. Компьютеры в физике: общий обзор [Электронный ресурс] / Д. Р. Хаманн // Успехи физических наук. – М. : Физический институт им. П. Н. Лебедева РАН, июнь 1984. – Т. 143, вып. 2. – С. 239–256. – Режим доступа : <http://ufn.ru/ru/articles/1984/6/c>.
41. Чернецький І. С. Методика використання цифрового аналізу відеозображень у лабораторних роботах з механіки / І. С. Чернецький // Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики : збірник наукових праць. Випуск VII : в 3-х томах. – Кривий Ріг : Видавничий відділ НМетАУ, 2008. – Т. 2 : Теорія та методика навчання фізики. – С. 298–302.

Матеріал надійшов до редакції 28.08.2015 р.

СРЕДСТВА ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПОДДЕРЖКИ УЧЕБНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ПРОФИЛЬНОМ ОБУЧЕНИИ ФИЗИКИ

Мерзлякин Александр Владимирович

аспирант

Институт информационных технологий и средств обучения НАПН Украины, г. Киев, Украина

avm@ccjournals.eu

Мерзлякин Павел Владимирович

доцент, кандидат физико-математических наук, заведующий кафедрой информатики и прикладной математики

Государственное высшее учебное заведение «Криворожский национальный университет», г. Кривой Рог, Украина

linuxoid@i.ua

Аннотация. В статье приведены результаты комплексного анализа опыта использования ИКТ поддержки научных и учебных физических исследований в профильном обучении физике. Выделены классы ИКТ поддержки учебных физических исследований, виртуализация которых создает условия для их использования по одной из моделей предоставления облачных услуг. Для каждого из выделенных классов приведены наиболее распространенные программные средства ИКТ и примеры их использования в физических исследованиях. Показаны перспективы дальнейших исследований проблемы использования облачных технологий как средства формирования исследовательских компетенций старшеклассников в процессе профильного обучения физике.

Ключевые слова: виртуальные лаборатории; виртуальные тренажеры; электронные органайзеры; средства контент-анализа; лабораторные журналы; медиа-редакторы; языки программирования и библиотеки; моделирование физических процессов; управление проектами; редакторы презентаций; системы компьютерной математики; статистические пакеты; табличные процессоры; текстовые процессоры.

TOOLS OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES FOR EDUCATIONAL RESEARCHES SUPPORT IN PROFILE PHYSICS LEARNING

Oleksandr V. Merzlykin

postgraduate student

Institute of Information Technologies and Learning Tools of NAES of Ukraine, Kyiv, Ukraine

avm@ccjournals.eu

Pavlo V. Merzlykin

Associate Professor, Ph. D. (physics and mathematics), head of informatics and applied mathematics department

State institution of higher education «Kryvyi Rih National University», Kryvyi Rih, Ukraine

linuxoid@i.ua

Abstract. The results of complex analysis of the ICT usage experience for scientific and educational physics researches support in profile physics learning are presented in the paper. The classes of ICT for educational physics researches support are distinguished. Virtualization of these ICT classes creates the conditions for using them by some cloud service model. The most common ICT software and examples of their using in physics researches are shown for each distinguished class. The prospects of further researches on problem of using cloud technologies as tools of research competences formation of high school students in profile physics learning are highlighted.

Keywords: virtual labs; virtual simulators; electronic organizers; content analysis tools; electronic lab notebooks; media editors; programming languages and libraries; physical process modeling; project management; presentation programs; computer algebra systems; statistical packages; spreadsheets; word processors.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Aleksandrova A. Using video analysis to investigate conservation impulse and mechanical energy laws / Aleksandrija Aleksandrova, Nadezhda Nancheva // Methodologies and Tools of the Modern (e-) Learning : Supplement to the International Journal "INFORMATION TECHNOLOGIES & KNOWLEDGE" Volume 2/2008 / Krassimir Markov, Krassimira Ivanova, Ilia Mitov (ed.). – Sofia : FOI ITHEA, 2008. – (Information Science and Computing. Number 6). – P. 91–96 (in English).
2. Beichner R. J. Video Graph: A New Way to Study Kinematics / Robert J. Beichner, Michael J. DeMarco, David J. Etestad, and Edward Gleason // The Conference on Computers in Physics Instruction : Proceedings (Raleigh, North Carolina, August 1–5, 1988) / Edited by Edward F. Redish and John S. Risley. – Redwood : Addison-Wesley Publishing Company, The Advanced Book Program, 1990. – P. 244–245 (in English).
3. Bothun G. D. Virtual Laboratory (University of Oregon) [online] / Gregory Bothun, Sean Russell, Amy Hulse // Computers in Physics. – AIP Publishing. – January 1998. – Volume 12, Issue 1. – 2 p. – Available from: <http://scitation.aip.org/deliver/fulltext/aip/journal/cip/12/1/1.168650.pdf>. (in English)
4. Branson R. K. Formative Evaluation Procedures Used in Designing a Multi-Media Physics Course : materials of Annual Meeting of the American Educational Research Association / Robert K. Branson. – New York, February 1971. – 20 p. (in English).
5. Branson R. K. Interservice Procedures for Instructional Systems Development. Executive Summary and Model : Final rept. 25 Jun 1973–31 Dec 1975 / Robert K. Branson, Gail T. Rayner, J. Lamarr Cox, John P. Furman, F. J. King. – Tallahassee : Florida State University, Center for Educational Technology. – 1975. – 185 p. (in English).
6. Brungardt J. B. Influence of interactive videodisc instruction using simultaneous-time analysis on kinematics graphing skills of high school physics students / John B. Brungardt, Dean Zollman // Journal of Research in Science Teaching. – 1995. – October. – Volume 32, Issue 8. – P. 855–869 (in English).
7. Bryan J. A. Investigating the conservation of mechanical energy using video analysis: four cases / J. A. Bryan // Physics Education. – 2010. – No 4. – P. 50–57. (in English).
8. Carlson E. H. An Example of «Task Management» in Constructing a Computer Program / Edward H. Carlson // The Conference on Computers in Physics Instruction : Proceedings (Raleigh, North Carolina, August 1–5, 1988) / Edited by Edward F. Redish and John S. Risley. – Redwood : Addison-Wesley Publishing Company, The Advanced Book Program, 1990. – P. 400–402 (in English).
9. Checinski M. P. Using FireFly in Education and Research at Home [online] / M. Checinski. – 34 p. — Available from: <http://classic.chem.msu.su/gran/games/marek/en/docs/PCG-Tutorial-Usage.pdf> (in English).
10. Computer Physics Communications Program Library [online]. – Available from: <http://www.cpc.cs.qub.ac.uk/> (in English).
11. Esquembre F. Computers in Physics Education [Electronic resource] / Francisco Esquembre // Computer Physics Communications. – Amsterdam : North-Holland, 1 august 2002. – Vol. 147, Issue 1. – P. 13–18. – Access mode : <http://colos.inf.um.es/DiseGrafSimula/Docs/Article%20Esquembre.pdf> (in English).
12. Kimel J. D. Microcomputer-Based Integrated Statistics, Analysis, and Graphics Software for Introductory Physics Laboratories / J. D. Kimel // The Conference on Computers in Physics Instruction : Proceedings (Raleigh, North Carolina, August 1–5, 1988) / Edited by Edward F. Redish and John S. Risley. – Redwood : Addison-Wesley Publishing Company, The Advanced Book Program, 1990. – P. 251–253 (in English).
13. Laws P. W. Visual Photogate Timing and Graphical Data Analysis / Priscilla Laws and John Luetzelschwab // The Conference on Computers in Physics Instruction : Proceedings (Raleigh, North Carolina, August 1–5, 1988) / Edited by Edward F. Redish and John S. Risley. – Redwood : Addison-Wesley Publishing Company, The Advanced Book Program, 1990. – P. 240–241 (in English).
14. Misner Ch. W. Spreadsheets in Research and Instruction / Charles W. Misner // The Conference on Computers in Physics Instruction : Proceedings (Raleigh, North Carolina, August 1–5, 1988) / Edited by Edward F. Redish and John S. Risley. – Redwood : Addison-Wesley Publishing Company, The Advanced Book Program, 1990. – P. 382–398 (in English).
15. Nave C. R. Laboratories in Sound Analysis Using Fast Fourier Transforms / Carl R. Nave, Darrell L. Bell // The Conference on Computers in Physics Instruction : Proceedings (Raleigh, North Carolina, August 1–5, 1988) / Edited by Edward F. Redish and John S. Risley. – Redwood : Addison-Wesley Publishing Company, The Advanced Book Program, 1990. – P. 236–237 (in English).
16. Rodriguez B. Advanced Physic Using Handhelds [online] / Bill Rodriguez // PalmTM Education Pioneers Program : Final Evaluation Report / Prepared by : Phil Vahey, Valerie Crawford. – Palm. – P. 43. – Available from: http://palmgrants.sri.com/PEP_Final_Report.pdf (in English).
17. Simulation programs for physics education using virtual reality technique / Jong-Heon Kim, Sang-Tae Park, Heebok Lee, Keun-Cheol Yuk, Heeman Lee // Teaching and Learning of Physics in Cultural

- Contexts : Proceedings of the International Conference on Physics Education in Cultural Contexts / Editor : Park Yunebae. – World Scientific Pub Co Inc, 2004. – P. 401–408 (in English).
18. Weyer S. A. As We May Learn / Stephen A. Weyer // Learning Tomorrow : Journal of the Apple Education Advisory Council / Managing Editors : Sueann Ambron, Kristina Hooper. – Cupertino : Apple Computer, Spring 1987. – [vol.] 3 : Multimedia in Education : Proceedings of an Invitational Conference on Multimedia in Education (Cupertino, California, June 19–20, 1986). – P. 89–109 (in English).
 19. Yankelovich N. Issues in Designing a Hypermedia Document System: The Intemedia Case Study / Nicole Yankelovich, Karen E. Smith, L. Nancy Garrett, Norman Meyrowitz // Learning Tomorrow : Journal of the Apple Education Advisory Council / Managing Editors : Sueann Ambron, Kristina Hooper – Cupertino : Apple Computer, Spring 1987. – [vol.] 3 : Multimedia in Education : Proceedings of an Invitational Conference on Multimedia in Education (Cupertino, California, June 19–20, 1986). – P. 35–87 (in English).
 20. Abdulov R. M. Using interactive tools in the development of students research skills in learning physics : the abstract of the thesis submitted for the degree of doctor of philosophy in pedagogical sciences : 13.00.02 «theory and methods of training and education (physics, secondary education level)» / Abdulov Rashid Miniakhmetovich ; Uralskiy gosudarstvennyi universitet. – Yekaterinburg, 2013. – 23 p. (in Russian).
 21. Booch G. Object-Oriented Analysis and Design with Applications / Grady Booch. – M. : Konkord, 1992. – 519 p. (in Russian).
 22. Garmashov M. Yu. Formation of secondary school students research competency in learning physics basing on video-computer experiment : the abstract of the thesis submitted for the degree of doctor of philosophy in pedagogical sciences : 13.00.02 «theory and methods of training and education (physics)» / Garmashov Mikhail Yuryvich ; Volgogradskiy gosudarstvennyi sotsialno-pedagogicheskyy universitet. – Volgograd, 2013. – 24 p. (in Russian).
 23. Zheliuk O. M. Improving learning physics experiment by modern electronic technology tools : the abstract of the thesis submitted for the degree of doctor of philosophy in pedagogical sciences : 13.00.02 – theory and methods of training and education (physics) / Zheliuk Oleh Mykolayovych ; Rivnenskiy derzhavnyi pedagogichnyi instytut. – Rivne, 1996. – 222 p. (in Ukrainian).
 24. Zhuk Yu. O. Research competency within the computer oriented activity of high school student / Zhuk Yu. O. // Annotated results of scientific investigations of the Institute of Pedagogics of NAPS of Ukraine for the 2012 year : scientific publication / Instytut pedagogiky. – K., 2013. – P. 89–90 (in Ukrainian).
 25. Lytvynov Yu. V. Computer technologies in mechanics experiment / Yuriy Lytvynov, Yevgen Malets, Olena Mialova, Viktor Sergeyev // Scientific notes. Series : Pedagogical sciences. Issue 82. – Kirovograd : RVV KDPU im. V. Vynnychenka, 2009. – Part 2. – P. 312–316 (in Ukrainian).
 26. Merzlykin O. V. High school students research ICT competencies in profile learning physics [online] / Merzlykin Olexandr Volodymyrovych // Pedagogical horizons : special issue for the proceedings of the scientific and practical Internet conference on the problem «Information technologies in educational process 2014». – 2015. – No 2 (80). – P. 48–51. – Available from : <https://drive.google.com/file/d/0BzXzAlavBkWxbW5NY2w1Q3U0WnM/view> (in Ukrainian).
 27. Merzlykin O. V. Research competencies in physics of secondary school pupils: structure, levels and criteria of formation / A. V. Merzlykin // Collection of scientific papers Kamianets-Podilsky Ivan Ohienko National University. Pedagogical series / [Editors : P. S. Atamanchuk (editor-in-chief, scientific editor) etc.]. – Kamianets-Podilsky : Kamianets-Podilskiy natsionalniy universytet imeni Ivana Ohienka, 2014. – Issue 20 : Quality management training of future teacher in physical and technological profile. – P. 42–46 (in Ukrainian).
 28. Merzlykin O. V. Profile classes students research competencies in physics in the system of interdisciplinary competences / Merzlykin O. V. // Collection of materials of the First Ukrainian scientific and practical conference of the young scientists «Scientific youth – 2013» / Edited by Prof. Bykov V. Yu. and Prof. Spirin O. M. – K. : IITZN NAPN Ukrayiny, 2014. – P. 90–94 (in Ukrainian).
 29. Merzlykin O. V. Educational research in physics course specialized schools: competence approach / A. V. Merzlykin // Collection of scientific papers. Pedagogical sciences / [Editors : Barbina Ye. S. (editor-in-chief) etc.]. – Kherson : KhDU, 2014. – Issue 66. – P. 157–163 (in Ukrainian).
 30. Merzlykin O. V. Succession and continuity of forming high classes students research competencies in learning physics / Olexandr Merzlykin, Yulia Yechkalo // Scientific notes / Ministry of Education and Science of Ukraine, Kirovohrad Volodymyr Vynnychenko State Pedagogical University. – Kirovohrad, 2014. – Issue 6. – Series : Problems of physics, mathematics and technology education methods. Part 2. – P. 81–86 (in Ukrainian).
 31. Merzlykin O. V. Video analysis software in educational physical experiments / Merzlykin O. V. // Collection of scientific papers Kamianets-Podilsky Ivan Ohienko National University. Pedagogical series

- / [Editors : P. S. Atamanchuk (editor-in-chief, scientific editor) etc.]. – Kamianets-Podilsky : Kamianets-Podilskiy natsionalniy universytet imeni Ivana Ohienka, 2012. – Issue 18 : Innovations in physics learning: national and international experience. – P. 123–125 (in Ukrainian).
32. Merzlykin O. V. System of high classes students research competencies in physics / O. V. Merzlykin // Quality preparation management of the future teacher of the physical and technological field : International scientific interactive conference materials / Ministry of Education and Science of Ukraine, Kamianets-Podilsky Ivan Ohienko National University ; [Editors : P. S. Atamanchuk (editor-in-chief, scientific editor) etc.]. – Kamianets-Podilsky : Axioma, 2014. – P. 34–35 (in Ukrainian).
 33. Merzlykin O. V. To the definition of term «high classes students research competencies in physics» / Olexandr Merzlykin // Scientific notes / Ministry of Education and Science of Ukraine, Kirovohrad Volodymyr Vynnychenko State Pedagogical University. – Kirovohrad, 2015. – Issue 7. – Series : Problems of physics, mathematics and technology education methods. Part 2. – P. 192–197 (in Ukrainian).
 34. Merzlykin O. V. High classes students research competencies in physics / Merzlykin O. V. // Tools and technologies of modern learning environment : Dedicated to the 85th anniversary of Kovaliov Ivan Zakharovich : materials of scientific and practical conference, Kirovohrad, 2015, May 22–23 / Ministry of Education and Science of Ukraine, Kirovohrad Volodymyr Vynnychenko State Pedagogical University, Institute of Information Technology and Learning Tools of NAPS of Ukraine, Gomel F. Skaryna State University, Georgian Technical University, Kirovohrad Vasyl Sukhomlynskyi RIPPE ; editor in chief : S. P. Velychko. – Kirovohrad : Eksklusiv-Sistem, 2015. – P. 135–136 (in Ukrainian).
 35. Merzlykin O. V. Forming of physics research competencies in conditions of profile learning [online] / Merzlykin Olexandr Volodymyrovych // Accounting science conference of Institute of Information Technology and Learning Tools of NAPS of Ukraine. 2015, March 19 : materials of science conference / The National Academy of Pedagogical Sciences of Ukraine, Institute of Information Technology and Learning Tools. – K. : IITZN NAPN Ukrayiny, 2015. – 3 p. – Available from: http://conf.iitlt.gov.ua/Images/Files/Merzlykin_Zvit-conf_98_1426508551_file.doc (in Ukrainian).
 36. Salikhov Z. B. Complex of modern information technology tools of cabinet of physics as a condition for improving the effectiveness of learning : the thesis submitted for the degree of doctor of philosophy in pedagogical sciences : 13.00.02 – theory and methods of training and education (physics in secondary school) (in pedagogical sciences) / Salikhov Zaurbek Bagautdinovich ; Dagestanskiy institut povysheniya kvalifikatsii pedagogicheskikh kadrov. – M., 2003. – 200 p. (in Russian).
 37. Seldiayev V. I. Development of school students research skills using computers in executing laboratory works at physics lessons : the thesis submitted for the degree of doctor of philosophy in pedagogical sciences : 13.00.02 – theory and methods of teaching physics / Seldiayev Valeriy Ivanovich ; Rosiyskiy gosudarstvennyi pedagogicheskiy universitet imeni A. I. Gertsena. – Sankt-Peterburg, 1999. – 207 p. (in Russian).
 38. Starovikov M. I. Forming school students learning research activity in conditions of learning informatization : abstract of the thesis submitted for the degree of doctor of philosophy in pedagogical sciences : 13.00.02 – theory and methods of training and education (physics) / Starovikov Mikhail Ivanovich ; Cheliabinskiy gosudarstvenniy pedagogicheskiy universitet. – Cheliabinsk, 2007. – 43 p. (in Russian).
 39. Feynman R. Ph. The Feynman Lectures on Physics / R. Feynman, R. Leighton, M. Sands. – M. : Mir, 1965–1967. – 9 vol. – [Issue] 1: Modern nature science. Mechanics laws. – 1965. – 267 p. (in Russian).
 40. Hamann D. R. Computers in Physics: an Overview [online] / D. R. Hamann // Physics-Uspekhi. – M. : Lebedev Physical Institute RAS, June 1984. – Vol. 143, Issue 2. – P. 239–256. – Available from: <http://ufn.ru/ru/articles/1984/6/c> (in Russian).
 41. Chernetsky I. S. Methods of using digital analysis of video in laboratory works on mechanics / I. S. Chernetsky // Theory and methods of learning mathematics, physics, informatics : collection of scientific papers. Issue VII : in 3 volumes. – Kryvyi Rih : Vydavnychiy viddil NMetAU, 2008. – Volume 2 : Theory and methods of learning physics. – P. 298–302 (in Ukrainian).

